Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

HERAUSGEGEBEN VON
ARNOLD BERLINER
UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON HANS SPEMANN IN FREIBURG I. BR.
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 16 (SEITE 369—384 | 22. APRIL 1927 | FÜNFZEHNTER JAHRGANG

INHALT:

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung, jede Postanstalt oder den unterzeichneten Verlag bezogen werden. Preis vierteljährlich für das In- und Ausland RM 9.—. Hierzu tritt bei direkter Zustellung durch den Verlag das Porto bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelheft RM 1.— zuzüglich Porto.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 23/24, erbeten.

Preis der Inland-Anzeigen: 1/1 Seite RM 150.—; Millimeter-Zeile RM 0.35. Zahlbar zum amtlichen Berliner Dollarkurs am Tage des Zahlungseingangs. Für Vorzugsseiten besondere Vereinbarung. — Bei Wiederholungen Nachlaß.

Ausland-Anzeigenpreise werden auf direkte Anfrage mitgeteilt.

Klischee-Rücksendungen erfolgen zu Lasten des Inserenten.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 23/24
Fernsprecher: Amt Kurfürst 6050—53. Telegrammadr.: Springerbuch.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Fünfzehnter Jahrgang 22. April 1927 Heft 16

Über den Aufbau des Atominnern[1]).

Von Lise Meitner, Berlin-Dahlem.

Wenn ich hier versuchen will, im Rahmen eines kurzen Vortrages etwas über den Bau des Atoms zu erzählen, so kann ich dabei aus dem großen Gebiet der modernen experimentellen Atomforschung naturgemäß nur einige wenige Einzelprobleme herausheben.

Die Vorstellung, daß alle Materie sich aufbaut aus einfachen, nicht weiter teilbaren Einheiten, den Atomen, ist sehr alt. Ursprünglich nur von philosophischen Überlegungen getragen, ist sie im siebzehnten Jahrhundert durch Boyle und vor allem anfangs des neunzehnten Jahrhunderts durch Dalton zu einer wirklich naturwissenschaftlich gerechtfertigten Grundvorstellung der Chemie entwickelt worden. Nach dieser Auffassung besteht jedes Element, etwa Cu oder Pb oder Au, aus lauter unter sich gleichartigen, nicht weiter teilbaren Atomen, die die Träger der spezifischen Eigenschaften des betreffenden Elementes sind, so daß ebenso viel verschiedene Arten von Atomen existieren müssen, als es Elemente gibt. Irgendeine bestimmte physikalische Vorstellung, abgesehen von der eines charakteristischen Atomgewichtes, war mit diesem Begriff des Atoms nicht verbunden. Es sollte nur der letzte nicht weiter zerlegbare Baustein der Elemente sein, und daraus folgte notwendigerweise die Unmöglichkeit, ein Element in ein anderes zu verwandeln. Denn, wenn die Verschiedenheit zweier Elemente, wie etwa Pb und Ag lediglich in der Verschiedenheit der sie aufbauenden Atome begründet ist und die Atome unteilbar, also keinerlei Veränderung zugänglich sind, so ist es auch nicht möglich, ein Atom in ein anderes, also ein Element in ein anderes überzuführen.

Obwohl die Chemie des neunzehnten Jahrhunderts durch konsequente Anwendung dieser atomistischen Auffassung bewundernswürdige Erfolge erzielt hatte, haftete ihr doch viel Unbefriedigendes an. Man kannte rund 80 verschiedene Elemente und diesen mußten 80 verschiedene Arten von Atomen entsprechen, die wegen der geforderten Unteilbarkeit sozusagen wesensfremd nebeneinander standen. Trotzdem ließen aber die verschiedenen Elemente auffallende gesetzmäßige Ähnlichkeiten in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften erkennen, die bekanntlich zu der Aufstellung des sog. periodischen Systems der Elemente geführt hatten. Dieses System — das die Tabelle (Fig. 1) zeigt — enthält alle Elemente nach

[1]) Vortrag gehalten in der Kaiser Wilhelm-Gesellschaft in Berlin am 19. Januar 1927.

Fig. 1. *Periodisches System der chemischen Elemente.*

Periode	Gruppe I a	Gruppe I b	Gruppe II a	Gruppe II b	Gruppe III a	Gruppe III b	Gruppe IV a	Gruppe IV b	Gruppe V a	Gruppe V b	Gruppe IV a	Gruppe IV b	Gruppe VII a	Gruppe VII b	Gruppe VIII/0
I	1 H *1,008*														2 He *4,00*
II	3 Li *3,94*		4 Be *9,1*		5 B *10,7*		6 C *12,00*		7 N *14,008*		8 O *16,000*		9 F *19,00*		10 Ne *20,2*
III	11 Na *23,00*		12 Mg *24,32*		13 Al *27,1*		14 Si *28,3*		15 P *31,04*		16 S *32,07*		17 Cl *35,46*		18 A *39,9*
IV	19 K *39,10*		20 Ca *40,07*		21 Sc *45,10*		22 Ti *48,1*		23 V *51,0*		24 Cr *52,0*		25 Mn *54,93*		26 Fe *55,85* 27 Co *58,97* 28 Ni *58,68*
		29 Cu *63,57*		30 Zn *65,37*		31 Ga *69,9*		32 Ge *72,5*		33 As *74,96*		34 Sc *79,2*		35 Br *79,92*	36 Kr *82,92*
V	37 Rb *85,5*		38 Sr *87,6*		39 Y *88,7*		40 Zr *90,6*		41 Nb *93,5*		42 Mo *96,0*		43 Ma		44 Ru *101,7* 45 Rh *102,9* 45 Pd *106,7*
		47 Ag *107,88*		48 Cd *112,4*		49 In *114,8*		50 Sn *118,7*		51 Sb *120,2*		52 Te *127,5*		53 J *126,92*	54 X *130,2*
VI	55 Cs *132,8*		56 Ba *137,4*		57—71 Seltene Erden*)		72 Hf *178,6*		73 Ta *181,5*		74 W *184,0*		75 Re		76 Os *190,9* 77 Ir *193,1* 78 Pt *195,2*
		79 Au *197,2*		80 Hg *206,6*		81 Tl *204,4*		82 Pb *207,2*		83 Bi *209,0*		84 Po *210*		85—	86 Em *222*
VII	87 Eka—Cs		88 Ra *226,0*		89 Ac		90 Th *232,1*		91 Pa		92 U *238,2*				

*) Seltene Erden.

VI 57-71	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tu	70 Yb	71 Cp
	139,0	*140,25*	*140,9*	*144,3*		*150,4*	*152,0*	*157,3*	*159,2*	*162,5*	*163,5*	*167,7*	*169,4*	*173,5*	*175,0*

steigenden Atomgewichten geordnet. Wir besitzen heute verschiedene Mittel, das absolute Gewicht irgendeines Atoms zu bestimmen. Im periodischen System der Elemente ist aber nur das relative Atomgewicht angegeben, bezogen auf das leichteste Atom, nämlich das Wasserstoffatom, dessen Atomgewicht gleich 1 gesetzt wird. Das Atomgewicht aller übrigen Elemente besagt, wieviel mal das Atom dieses Elementes schwerer ist als ein Atom Wasserstoff. Die Zahl 23 beim Natrium bedeutet also, daß ein Natriumatom das Gewicht von 23 Atomen Wasserstoff besitzt. Ordnet man nun die Elemente nach der Größe ihrer Atomgewichte, so zeigen zunächst eine Reihe aufeinanderfolgender Elemente keine Gemeinsamkeit der Eigenschaften. Von einem bestimmten Element an aber beginnt eine neue Reihe, deren Glieder mit denen der ersten Reihe gliedweise in allen Eigenschaften sehr ähnlich sind; d. h. ein bestimmter physikalischer und chemischer Charakter kehrt periodisch unter den Elementen wieder, und man spricht daher vom periodischen System der Elemente.

Es ist leicht einzusehen, daß diese gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen ganz unverständlich bleiben, wenn man an der Annahme festhält, daß die Atome der einzelnen Elemente unteilbare, grundsätzlich voneinander unterschiedene Individuen seien, die nichts Gemeinsames miteinander besitzen sollen. Das periodische System der Elemente führt beinahe zwingend zu dem Begriff eines allen Elementen gemeinsamen Urstoffes, welcher durch die verschiedene Art seiner Gruppierung die verschiedenen Eigenschaften der Elemente bedingt. Als solcher Urstoff oder elementarer Baustein bietet sich fast von selbst das Wasserstoffatom dar, das als leichtestes Atom auch das am einfachsten gebaute sein muß. Die Hypothese, daß der Wasserstoff die Urmaterie darstelle und daß durch wechselnde Gruppierung seiner Atome alle anderen Elemente gebildet werden, ist schon im Jahre 1815 von dem englischen Arzt PROUT ausgesprochen worden. Aber PROUT war zu dieser Ansicht nicht so sehr auf Grund experimenteller Tatsachen gekommen, als vielmehr durch das jeder wissenschaftlichen Forschung innewohnende Streben, das Komplizierte auf das Einfache zurückzuführen. Heute besitzen wir eindeutige experimentelle Beweise, daß die schwereren Atome als einen ihrer Elementarbestandteile Wasserstoff enthalten. Dieser Nachweis ist wohl die schlagendste Widerlegung der Unteilbarkeit der Atome. Zwar sind wir auch heute auf Grund experimenteller und theoretischer Forschungsergebnisse überzeugt, daß die Materie nicht beliebig teilbar ist, sondern daß es letzte, nicht weiter zerlegbare Einheiten gibt. Aber diese letzten Einheiten sind nicht die chemischen Atome; die Atome sind noch sehr komplizierte Systeme, deren Bestandteile erst die wirklich einfachsten Bausteine der Materie vorstellen. Wesentlich an dieser Auffassung ist die Erkenntnis, daß alle Stoffe aus den gleichen Bestandteilen aufgebaut sind und sich nur durch Zahl und Anordnung derselben unterscheiden.

Welches sind nun diese einfachsten, die Atome aufbauenden Elementarkörper? Die Beantwortung dieser Frage ist hauptsächlich ermöglicht worden durch die Erkenntnisse, die uns die Entdeckung und Erforschung der radioaktiven Substanzen vermittelt haben.

Ich werde mich hier nicht an die historische Entwicklung halten, sondern gleich kurz die Vorstellungen auseinandersetzen, die sich die moderne Physik über den Atomaufbau gebildet hat. Erst hieran anschließend will ich einige der Mittel und Wege besprechen, die die radioaktiven Erscheinungen für die Erforschung des Atominnern an die Hand geben.

Die moderne Atomtheorie geht von der durch viele experimentelle Beobachtungen gesicherten Annahme aus, daß die einzelnen Elementarbestandteile in den Atomen durch elektrische Kräfte zusammengehalten werden; also müssen diese Elementarbestandteile selbst elektrisch geladen sein. Da aber die gewöhnliche Materie an sich unelektrisch ist, muß auch jedes Atom an sich unelektrisch sein, d. h. ein Atom muß ebenso viele positiv wie negativ geladene Elementarbausteine enthalten. Nun weiß man aus dem Durchgang der Elektrizität durch verschiedene Körper, vor allem aus dem Durchgang der Elektrizität durch Gase, daß die positiv geladenen Teilchen sich prinzipiell anders verhalten wie die negativ geladenen. Die Träger der kleinsten positiven elektrischen Ladung, der sog. elektrischen Elementarentladung, die man in einem vom elektrischen Strom durchflossenen Gas beobachten kann, haben niemals ein kleineres Gewicht als dem Atomgewicht des stromdurchflossenen Gases entspricht. So besitzt z. B. beim Stromdurchgang durch Sauerstoff das leichteste, beobachtete positiv geladene Teilchen das Gewicht des Sauerstoffatoms. Das leichteste, einfach positiv geladene Teilchen, das überhaupt auftreten kann, ist daher, wie die Tabelle 1 zeigt, ein positiv geladenes Wasserstoffatom. Ganz anders verhalten sich die Trägerteilchen der negativen Elektrizität. Die kleinste negative Ladung ist ebenso groß wie die kleinste positive Ladung. Die kleinsten Träger dieser negativen Ladung, die beim Durchgang eines elektrischen Stromes auftreten, sind aber, ganz unabhängig davon, ob der Strom durch ein Metall wie Kupfer oder ein Gas wie Stickstoff hindurchfließt, immer von derselben Natur und besitzen immer die gleiche Masse, und diese Masse ist rund 2000 mal kleiner als die Masse des leichtesten Atoms, des Wasserstoffatoms. Daraus, daß diese kleinsten elektrisch negativ geladenen Teilchen in allen Substanzen beobachtet werden, folgt schon, daß sie einer der gesuchten Elementarbestandteile der Atome sein müssen. Man bezeichnet sie als Elektronen. Wegen ihrer negativen Ladung können sie durch elektrische Kräfte große Geschwindigkeiten erhalten, sie fliegen dann geradlinig dahin und stellen

Kathodenstrahlen dar, wie man sie in elektrischen Entladungsröhren beobachten kann.

Jedes Atom muß nun gleich viel positive und negative Elementarbestandteile enthalten, und seine Gesamtmasse muß seinem Atomgewicht entsprechen. Die positive Elektrizität kommt nur an Masse gebunden vor, die negativen Träger besitzen eine so kleine Masse, daß sie zum Atomgewicht nichts merkbares beitragen können. Daraus ergibt sich als Bild des Atomaufbaus folgendes: Das Atom besteht aus einem positiv geladenen Kern, der die gesamte Masse des Atoms trägt, und aus so vielen um den Kern angeordneten Elektronen, daß ihre Gesamtladung der positiven Ladung des Atomkerns gleich ist. Da die positive Elementarladung, wie wir gesehen haben, mit keiner kleineren Masse als mit der Masse des Wasserstoffatoms verknüpft sein kann, so stellt der positive Kern des Wasserstoffatoms den elementaren positiven Atombestandteil dar, wie das Elektron der elementare negative Bestandteil ist. Also alle Atome bauen sich in letzter Hinsicht aus positiven Wasserstoffkernen und negativen Elektronen auf. Das einfachste Atom, das sich aus diesen beiden elementaren Einheiten bilden läßt, wird aus einem positiven Wasserstoffkern und einem negativen Elektron bestehen, es ist das Wasserstoffatom selbst.

Nun ziehen sich, der positive Wasserstoffkern und das negative Elektron, die zusammen das Wasserstoffatom bilden, wegen ihrer entgegengesetzten Ladungen gegenseitig an und infolgedessen müßten sie, wenn keine Gegenkräfte wirksam sind, sich bis zur vollständigen Berührung vereinigen, so daß es außerordentlich großer Kräfte bedürfte, um das Elektron vom Kern frei zu machen. In Wirklichkeit weiß man aber, daß man das Elektron mit relativ kleinen Kräften aus dem Wasserstoffatom ablösen kann. Es muß also eine ständig wirkende Gegenkraft vorhanden sein, die das Hineinfallen des Elektrons in den Kern verhindert. Als solche Gegenkraft kommt nur die an jede kreisende Bewegung geknüpfte Zentrifugalkraft in Frage. Dies führt zu folgender Auffassung über den Bau des Wasserstoffatoms: Das Atom besteht aus dem räumlich sehr kleinen positiven Wasserstoffkern, um den das Elektron gerade in solcher Entfernung kreist, daß die durch die Rotation bedingte Zentrifugalkraft das Elektron mit einer Kraft nach außen treibt, die ebenso groß ist wie die Anziehungskraft des positiven Kerns auf das Elektron. So wird verhindert, daß das Elektron in den anziehenden Kern hineinfällt, und zugleich ergibt sich die Arbeit, die man aufwenden muß, um das Elektron aus dem Atom abzulösen, von der Größe, wie man sie tatsächlich beobachtet. Ganz analog stellt man sich den Aufbau der komplizierteren Atome vor. Sie bestehen aus einem positiv geladenen Atomkern von sehr kleinen Dimensionen, dessen Gewicht dem Atomgewicht des betreffenden Atoms entspricht. Um diesen Kern kreisen in relativ großen Entfernungen so viele Elektronen, wie der Kern positive Ladungen trägt.

Jedes Atom besteht daher aus dem Atomkern und der außen um den Kern angeordneten Elektronenhülle. Abgesehen vom Fall des Wasserstoffatoms ist der Atomkern selbst wieder ein sehr kompliziertes Gebilde. Betrachten wir beispielsweise das nächst einfachste Atom, das Heliumatom. Es hat das Atomgewicht 4, sein Atomkern muß also aus vier Wasserstoffkernen aufgebaut sein und diesen vier Wasserstoffkernen würde auch eine positive Ladung vier entsprechen. Es müßten also vier äußere Elektronen um den Heliumkern kreisen. Experimente, über deren Art ich später einiges sagen werde, zeigen aber, daß das Helium die positive Kernladung zwei und entsprechend nur zwei äußere Elektronen besitzt, obwohl sein Atomgewicht vier ist. Es hat sich als ganz allgemeines Gesetz ergeben, daß die positive Ladung des Atomkerns und die ihr entsprechende Zahl der den Kern umkreisenden Elektronen immer gleich ist der Stellenzahl des betreffenden Elements im periodischen System. Also das Wasserstoffatom (siehe Fig. 1), das an erster Stelle steht, besitzt einen Kern von der Masse 1 mit der positiven Ladung 1 und ein darum kreisendes Elektron, Helium, das an zweiter Stelle steht, einen Kern von der Masse 4, der positiven Ladung 2 und zwei äußeren Elektronen usw. bis Uran, das als schwerstes Element an der 92. Stelle steht, und daher bei seinem Atomgewicht von 238 eine positive Ladung von 92 aufweist und 92 um den Kern sich bewegende Elektronen.

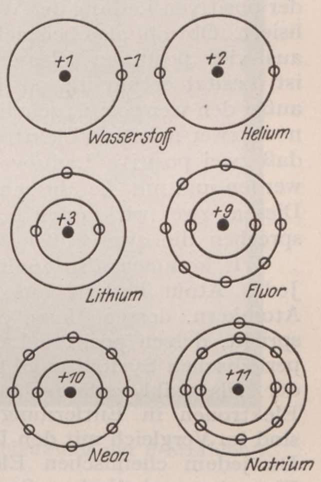


Fig. 2. Schematische Bilder des Atomaufbaus.

Ich zeige Ihnen in der Fig. 2 einige schematische Bilder des Atomaufbaus. In Wirklichkeit sind die Verhältnisse viel komplizierter, aber eine Reihe wesentlicher Eigenschaften der Atome lassen sich schon durch diese einfachen schematisierten Anordnungen der Elektronen wiedergeben.

Die Dimensionen aller Atome sind trotz ihres komplizierten Baues sehr klein, die Bahnen der äußersten Elektronen haben Durchmesser von etwa $^1/_{50}$-millionstel cm, und die Atomkerne sind in Kugelräumen von noch mindestens zehntausendmal kleineren Radien konzentriert. Es muß wohl dem Fernerstehenden sehr merkwürdig erscheinen, daß man über so kleine Gebilde, die weit jenseits jeder direkten Sichtbarkeitsgrenze liegen, überhaupt etwas aussagen kann. Sie werden aber im folgenden

sehen, daß wir die Mittel haben, einzelne Atome, ja sogar einzelne Atomkerne und einzelne Elektronen durch ihre Wirkungen sichtbar zu machen.

Nach der hier gegebenen Darstellung bauen sich die Kerne der schwereren Atome aus Wasserstoffkernen auf. Aber es läßt sich leicht einsehen, daß die Atomkerne selbst neben den Wasserstoffkernen noch Elektronen enthalten müssen, abgesehen von den außen kreisenden Elektronen. Wären die Atomkerne nur aus den positiv geladenen Wasserstoffkernen aufgebaut, so müßte ihre positive Ladung gleich der Zahl der Wasserstoffkerne, also gleich ihrem Atomgewicht sein. Die positive Kernladung, die ja, wie schon betont, durch die Stellenzahl im periodischen System bestimmt ist, ist aber immer kleiner als das Atomgewicht, das läßt die Tabelle 1 deutlich erkennen. Das beweist, daß im Kern selbst Elektronen eingebaut sind, deren negative Ladung einen entsprechenden Teil der positiven Ladung der Wasserstoffkerne neutralisiert. Obwohl also beispielsweise der Heliumkern aus vier positiven Wasserstoffkernen aufgebaut ist, besitzt er nur die positive Ladung 2, weil er außer den vier positiv geladenen Wasserstoffkernen noch zwei negative Elektronen in sich enthält, so daß zwei positive Ladungen dadurch aufgehoben werden und nur die übrigen zwei wirksam bleiben. Diesen zwei wirksamen positiven Ladungen entsprechen die zwei außen kreisenden Elektronen.

Wir kommen also endlich zu folgendem Bild. Jedes Atom besteht aus einem winzig kleinen Atomkern, dessen Masse dem Atomgewicht entspricht, dessen positive Ladung die Platzzahl im periodischen System angibt und um den sich die der Platzzahl entsprechende Anzahl negativer Elektronen in Entfernungen bewegen, die groß sind im Vergleich mit den Dimensionen des Kerns. Da jedem chemischen Element ein bestimmter Platz im periodischen System entspricht, so ist jedes chemische Element durch die positive Ladung seines Atomkernes definiert. Die positive Ladung des Atomkerns bestimmt also eindeutig die chemischen Eigenschaften eines Stoffes. Es wurde schon mehrfach erwähnt, daß man aus irgendeiner Substanz Elektronen verhältnismäßig leicht ablösen kann; beispielsweise treten ja in Entladungsröhren die durch elektrische Kräfte frei gemachten Elektronen in Form von schnell bewegten Kathodenstrahlen auf. Diese Elektronen stammen stets aus der äußeren Elektronenhülle der Atome, nicht aus den Atomkernen.

Wir wissen heute, daß alle chemischen Prozesse und die meisten physikalischen Prozesse nur Wechselwirkungen zwischen den äußeren Elektronen der Atome sind. Wenn z. B. zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom zu einem Molekül Wasser zusammentreten, so wird dabei nur eine Umordnung der äußeren Elektronen der drei Atome stattfinden; ihre Atomkerne bleiben in ihrem Aufbau von diesem Vorgang ganz unberührt.

Das ist nach dem Gesagten auch gut verständlich. Würde bei irgendeinem chemischen oder physikalischen Vorgang einem Atomkern ein Teilchen weggenommen oder hinzugefügt werden können, so wäre ja damit das Atom in ein neues Atom, also ein Element in ein anderes Element umgewandelt. So würde z. B. aus dem Atomkern des Phosphors durch Hinzufügen eines Wasserstoffkernes der Kern des Schwefelatoms entstehen. Diese willkürlichen Umwandlungen eines Elements in ein anderes haben sich, trotz jahrhundertelangen Suchens immer wieder als unmöglich erwiesen.

Gleichwohl sehen Sie leicht ein, daß nach den Vorstellungen, die wir uns heute vom Aufbau der Atome machen, die Möglichkeit einer Elementenumwandlung prinzipiell bestehen muß. Denn die verschiedenen Atome sind nicht mehr jedes eine Welt für sich, ohne Brücke zu einem anderen Atom, sondern sie sind alle aus denselben zwei Elementarbausteinen, Wasserstoffkernen und Elektronen, aufgebaut, und die verschiedenen Eigenschaften der chemischen Stoffe sind nur durch die wechselnde Zahl und Anordnung der elementaren Bausteine bedingt. Ob es gelingt, einem Atomkern einen solchen elementaren Baustein zu entziehen oder hinzuzufügen, kann nur eine Frage der geeigneten Hilfsmittel sein.

Daß jedenfalls solche Umwandlungen in der Natur von selbst vor sich gehen, zeigen uns die radioaktiven Substanzen. Denn die Lehre von der Radioaktivität ist nichts anderes als die Lehre von der spontanen Umwandlung eines Elements in ein anderes. Die Umwandlung erfolgt hier stets so, daß aus einem schwereren Element ein leichteres entsteht, also dem Atomkern des schwereren Elements wird ein Bruchstück entzogen und der restliche Atomkern gehört nun einem neuen, leichteren Element an. Wir haben also bei den radioaktiven Substanzen einen Abbau der schwereren Elemente in leichtere, der umgekehrte Vorgang, ein spontaner Aufbau schwererer Elemente aus leichteren wurde bisher nicht beobachtet. Man spricht daher von dem radioaktiven Zerfall der Elemente.

Wie geht nun dieser Zerfall vor sich?

Die radioaktiven Substanzen, wie etwa das Radium, sind bekanntlich dadurch ausgezeichnet, daß sie ständig Strahlen aussenden, die ähnlich wie die Licht- und Röntgenstrahlen die photographische Platte schwärzen, Substanzen zum Leuchten erregen und Gase, wie z. B. Luft, befähigt machen, einen elektrischen Strom zu leiten. Man hat sehr bald erkannt, daß diese Strahlen in 3 verschiedene Gruppen zerfallen, die man als α-, β- und γ-Strahlen bezeichnet hat. Nur die γ-Strahlen sind Strahlen im Sinne der Licht- und Röntgenstrahlen, also Schwingungserscheinungen oder Wellenstrahlen. Die α- und β-Strahlen hingegen sind winzig kleine materielle Teilchen, die mit großer Geschwindigkeit aus dem radioaktiven Atomkern herausfliegen und eben durch diese große Geschwindigkeit den Charakter von Strahlen vortäuschen. Ihr freiwilliges Ablösen aus dem Atomkern bedingt den Zerfall des betreffenden radio-

aktiven Atoms, die Umwandlung des einen radioaktiven Elements in ein anderes.

Die α- und β-Strahlen oder richtiger die α- und β-Teilchen sind also Bestandteile der Atomkerne. Als solche tragen sie eine elektrische Ladung, und dieser Umstand ermöglichte es sehr bald nach ihrer Entdeckung, ihre wahre Natur festzustellen. Wenn man nämlich ein elektrisch geladenes, geradlinig dahinfliegendes Teilchen der Einwirkung eines Magnetfeldes aussetzt, so wird das Teilchen aus seiner geradlinigen Bahn abgelenkt, so daß es statt in der geraden Linie in einer kreisförmigen Bahn fliegt. Aus der Größe der Ablenkung kann man die Masse, Ladung und Geschwindigkeit des Teilchens bestimmen, also seine Natur erschließen. Ich zeige Ihnen hier im Bild[1]) (Fig. 3) eine photographische Aufnahme der Bahnen von β-Strahlen, die der Einwirkung eines Magnetfeldes ausgesetzt waren. Die β-Strahlen haben, wie erwähnt, die Fähigkeit, die photographische Platte zu schwärzen; wenn sie also längs einer photographischen Platte verlaufen, wird ihre Bahn als photographisches Bild sichtbar. Die Figur zeigt in der Mitte einen geradlinig verlaufenden Schwärzungsstreifen, der durch das β-Strahlenbündel hervorgerufen wurde, während kein Magnetfeld einwirkte. Wurde nun das Magnetfeld eingeschaltet, so wurden die Bahnen der β-Strahlen zu (z. B. nach rechts verlaufenden) Kreisen gekrümmt und zwar erscheinen, wie die Figur erkennen läßt, 7 verschiedene Kreisbahnen, weil in dem Strahlenbündel β-Strahlen von 7 verschiedenen Geschwindigkeiten vorhanden waren. Vertauscht man durch Umschalten die Pole des Magneten, so verlaufen die β-Strahlenbahnen nach der anderen (linken) Seite in ihren Kreisbahnen. Durch solche Untersuchungen wurde festgestellt, daß die β-Strahlen nichts anderes als schnell dahinfliegende Elektronen, also identisch mit den Kathodenstrahlen sind. Aber die Geschwindigkeiten, mit der sie aus dem radioaktiven Atomkern herausfliegen, sind erheblich größer als wir sie für die Kathodenstrahlen erreichen können; es gibt β-Strahlen, deren Geschwindigkeit fast an die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes heranreicht, also fast 300000 km pro Sekunde beträgt.

Die nach derselben Methode ausgeführten Untersuchungen der α-Strahlen seien an dem nächstfolgenden Bild (Fig. 4) illustriert. Hier sind die α-Strahlen nicht entlang der photographischen Platte verlaufen, sondern die Platte war senkrecht in den Gang der Strahlen gestellt, es sind also nur die Schnittlinien der Strahlenbahnen mit der photographischen Platte sichtbar. Der linke Schwärzungsstreifen entspricht der Einwirkung der α-Strahlen ohne Magnetfeld; die beiden rechten Streifen rühren von den abgelenkten α-Strahlen her, die auf das Vorhandensein von 2 verschiedenen Geschwindigkeitsgruppen hinweisen.

Durch solche Aufnahmen wurde erkannt, daß alle α-Strahlen materielle Teilchen sind von der Masse 4, der positiven Ladung 2 und daß sie eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 20000 km pro Sekunde besitzen.

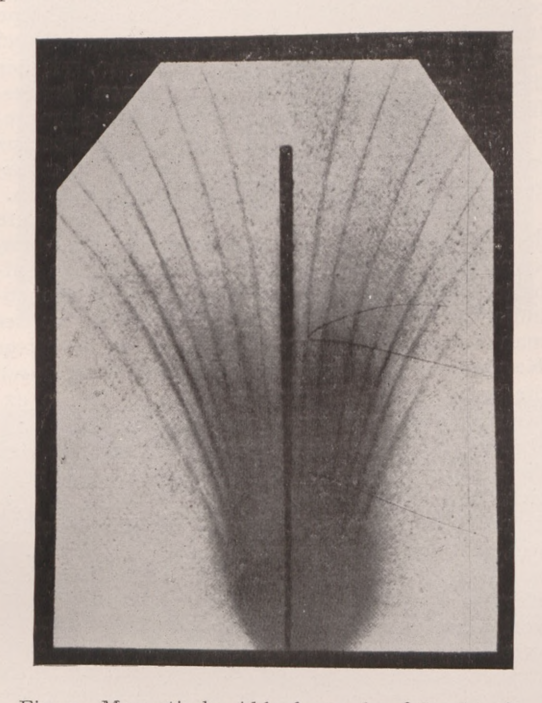


Fig. 3. Magnetische Ablenkung der β-Strahlen[1]).

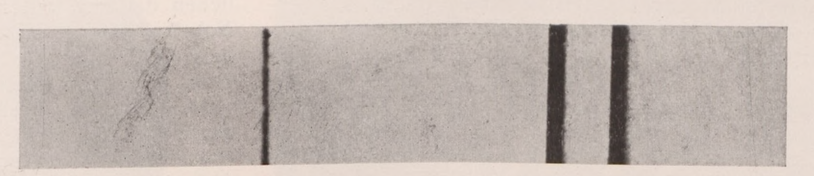


Fig. 4. Magnetische Ablenkung der α-Strahlen.

Wenn Sie sich an das früher Gesagte erinnern und das periodische System betrachten, sehen Sie leicht, daß die α-Teilchen nichts anderes als schnell bewegte Heliumkerne sind. Die radioaktiven Prozesse bestehen also darin, daß die Atomkerne Heliumteilchen (= α-Strahlen) oder Elektronen (= β-Strahlen) abspalten. Der übrigbleibende Atomkern gehört dann notwendig einem neuen Element an.

So spaltet z. B. das Radiumatom aus seinem Kern ein α-Teilchen ab, und der Restkern ist der Kern des Atoms der Radiumemanation.

$$\mathrm{Ra} - \alpha = \mathrm{Em}.$$

[1]) E. RUTHERFORD, Handbuch der Radiologie II, 208. 1913.

Aus dem festen Radium entsteht also unter Abgabe von Helium die gasförmige Radiumemanation. Das Radium selbst entsteht aus dem altbekannten Element Uran und verwandelt sich über die Emanation und eine Reihe anderer Zwischenprodukte schließlich in Blei. Wir haben also in den radioaktiven Prozessen eine dauernde, allerdings nicht willkürlich hervorrufbare, sondern spontan verlaufende Umwandlung eines Elementes in ein anderes. Als abgespaltene Bruchteile der Atomkerne treten Heliumkerne und Elektronen auf. Dabei zeigt es sich, daß die Geschwindigkeiten, mit der diese Bruchteile aus den Atomkernen herausfliegen, für den betreffenden Atomkern so charakteristisch sind, daß man die radioaktive Substanz lediglich aus der Geschwindigkeit der herausgeworfenen α- oder β-Strahlen erkennen kann.

Das Auftreten der β-Strahlen als Spaltprodukte der zerfallenden Atomkerne beweist, daß die Atomkerne tatsächlich fest eingebaute Elektronen enthalten, abgesehen von ihrer äußeren Elektronenhülle. So sehen wir, daß diese Annahme, zu der man wegen des Unterschiedes zwischen positiver Kernladung und Atomgewicht geführt wird, durch die radioaktiven Erscheinungen eine direkte experimentelle Bestätigung erfährt.

Auffallend erscheint dagegen der Umstand, daß die beim radioaktiven Zerfall abgespaltenen positiven Massenteilchen nicht Wasserstoffkerne, sondern Heliumkerne sind. Man muß daraus schließen, daß in komplizierten Atomkernen, wie z. B. im Kern des Radiumatoms, die zahlreichen den Kern aufbauenden Wasserstoffkerne nicht frei vorhanden, sondern zu einzelnen Heliumkernen vereinigt sind. Beim Zerfallen des Atomkernes werden dann nicht einzelne Wasserstoffkerne emittiert, sondern solche zusammengeschlossenen Heliumkerne. Offenbar stellt der Heliumkern eine sehr stabile Verbindung der Wasserstoffkerne dar, die selbst bei dem explosionsartigen Zerfall des radioaktiven Atoms erhalten bleibt.

Daß aber wirklich der Wasserstoff Bestandteil der schwereren Elemente ist, konnte auch durch die Heranziehung der Hilfsmittel gezeigt werden, die uns die Radioaktivität an die Hand gibt.

Der Beweis ist dadurch ermöglicht worden, daß wir, wie ich bereits erwähnt habe, imstande sind, einen einzigen Atomkern und sogar ein einziges Elektron in seinen Wirkungen sichtbar zu machen. Freilich können wir nicht die Existenz jedes beliebigen Atoms nachweisen, sondern nur derjenigen, die so viel Energie besitzen, daß sie sichtbare Wirkungen hervorrufen können. Solche Teilchen hoher Energie stellen aber gerade die α- und β-Strahlen wegen ihrer großen Geschwindigkeit dar.

Wir verfügen heute über mehrere Methoden, ein einzelnes α- oder β-Teilchen nachzuweisen. Ich will hier nur diejenige herausgreifen, die sich zur Demonstration besonders gut eignet, die sog. WILSONsche Nebelmethode. Zu ihrem Verständnis muß ich ein paar Worte vorausschicken über das Verhalten von α- oder β-Teilchen beim Durchgang durch Gase.

Wenn ein α-Teilchen durch ein Gas, etwa Luft, hindurchläuft, so stößt das α-Teilchen dauernd mit den Gasmolekülen bzw. mit den äußeren Elektronen der Gasatome zusammen. Wegen der großen Energie des α-Teilchens wird hierbei das getroffene Elektron aus dem Atom herausgeworfen, wodurch das früher elektrisch-neutrale Atom in ein positiv geladenes „Ion" verwandelt wird, denn es besitzt jetzt ein äußeres Elektron weniger als seiner positiven Kernladung entspricht. Zu dieser Spaltung der Gasatome oder Moleküle in Ionen ist Arbeit nötig, die das α-Teilchen leisten muß. Es gibt daher beim Durchfliegen eines Gases ständig Energie ab, und nach Durchlaufen einer bestimmten Strecke wird es seine ganze Geschwindigkeit aufgebraucht haben und vermag keinerlei Wirkung mehr auszuüben. Man bezeichnet diese Strecke als Reichweite des α-Teilchens. Man kann nun die Bahn des durch ein Gas hindurchgelaufenen α-Teilchens sichtbar machen, weil die in Ionen gespaltenen Gasmoleküle oder Atome andere Eigenschaften besitzen als die gewöhnlichen Atome.

Wenn man in einem Gefäß ein Luftvolumen abgeschlossen hat, das eine gewisse Menge Wasserdampf enthält, und man läßt die Luft etwa durch eine plötzliche Abwärtsbewegung des beweglichen Gefäßbodens sich ausdehnen, so wird trotz der eintretenden Abkühlung der Wasserdampf nicht zu Tröpfchen kondensiert, weil die Tröpfchen sich an gewöhnlichen Gasatomen nicht absetzen können. Wenn man aber vorher die Luft durch α- oder β-Strahlen ionisiert, so schlagen sich bei einer plötzlichen Ausdehnung an den ionisierten Atomen und nur an diesen Wassertröpfchen nieder. Man kann also die ionisierten Gasatome von den gewöhnlichen dadurch unterscheiden, daß an ihnen eine Nebelbildung eintritt. Die Anwendungsmöglichkeit dieser Tatsache für die Sichtbarmachung der Bahn der α-Teilchen leuchtet ohne weiteres ein.

Ein α-Teilchen erzeugt längs seiner Flugbahn durch Luft zahlreiche Ionen. Läßt man also das α-Teilchen durch feuchte Luft fliegen und sorgt für eine plötzliche Ausdehnung, so wird längs der Bahn Nebelbildung eintreten, die Bahn wird als Nebelstreifen sichtbar werden. Diese von C. T. R. WILSON ausgearbeitete Methode wird als WILSONsche Nebelmethode bezeichnet. Die Fig. 5 und 6 zeigen die photographische Aufnahme solcher Nebelbahnen in Luft und in Kohlensäure. Jeder Nebelstreif gibt die Bahn eines α-Teilchens wieder. Man kann deutlich zwei Gruppen von Bahnen erkennen, eine Gruppe kürzerer und eine Gruppe längerer Bahnen, entsprechend der Tatsache, daß α-Strahlen von zweierlei Anfangsgeschwindigkeiten bei der Aufnahme zur Verwendung kamen.

Die WILSONsche Methode gestattet aber auch, die Wirkungen eines einzigen schnell bewegten Elektrons nachzuweisen, wie die folgende Fig. 7 zeigt.

Die Flugbahn des β-Teilchens ist wieder durch die Nebelbildung deutlich erkennbar, aber wie Sie sehen, liegen die einzelnen Nebeltröpfchen nicht mehr so dicht, daß die Nebelbahn eine kontinuierliche Linie bildet. Die an Masse so kleinen Elektronen erzeugen beim Durchlaufen eines Gases viel weniger Ionen als die schweren α-Teilchen.

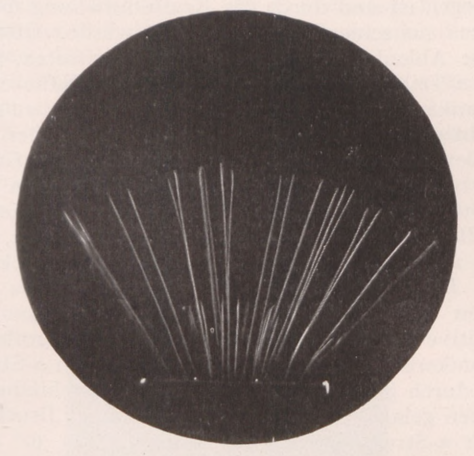


Fig. 5. α-Strahlenbahnen in Luft.

Der große Unterschied in der Ionendichte bei α- und β-Strahlen ist besonders gut aus der Fig. 8 zu ersehen, die die Vergrößerung einer gleichzeitig mit α- und β-Strahlen ausgeführten Nebelaufnahme darstellt.

Bei den α-Strahlenbahnen liegen die Ionen so dicht, daß die darauf abgesetzten Wassertröpfchen ineinanderfließen und die Nebelbahn bei noch so starker Vergrößerung nicht in die einzelnen Wassertröpfchen aufgelöst werden kann.

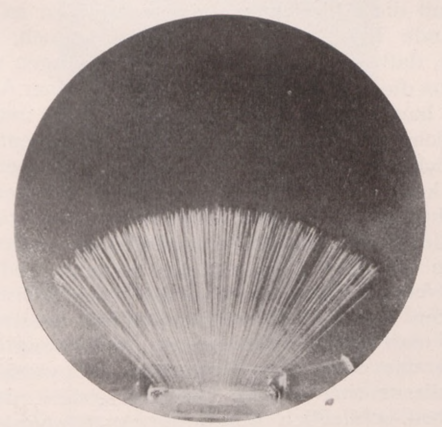


Fig. 6. α-Strahlenbahnen in Kohlensäure.

Bei den viel schwächer wirkenden β-Strahlen läßt sich dagegen die Nebelbahn schon durch verhältnismäßig geringe Vergrößerung in die einzelnen Wassertröpfchen zerlegen. Die Fig. 9 zeigt einige solche in Nebeltröpfchen aufgelöste β-Strahlenbahnen.

Aus einer solchen Aufnahme läßt sich sehr viel ablesen. Wir können mit Sicherheit behaupten:

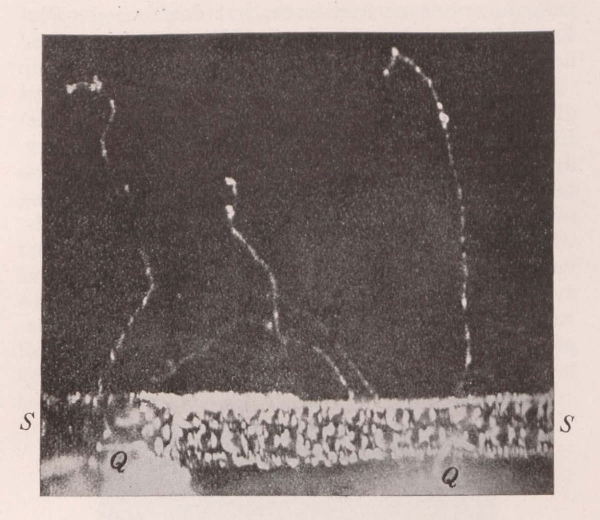


Fig. 7. β-Strahlenbahnen in Luft.



Fig. 8. α- und β-Strahlenbahnen.

Hier ist ein Elektron durch die Luft hindurchgeflogen und hat die gekennzeichnete Bahn beschrieben; an dieser Stelle des sichtbaren Nebel-

tröpfchens hat das β-Teilchen ein getroffenes Luftmolekül ionisiert, dann ist es ein Stück weitergeflogen, ohne zu ionisieren, hat dann wieder ein Ion gebildet, das durch ein Nebeltröpfchen gekennzeichnet ist, usw.

Sie sehen, man kann auf diese Weise nicht nur die Existenz eines Atoms oder Atomkerns oder Elektrons nachweisen, sondern man kann sogar den Zusammenstoß eines solchen Elementarteilchens mit einem einzigen Gasatom oder Gasmolekül und die dabei auftretenden Wechselwirkungen eindeutig feststellen. Und es ist selbstverständlich gerade das Studium dieser in und zwischen den einzelnen Atomen verlaufenden Prozesse, das uns Einsicht in den Aufbau der Atome gewährt. Je einfacher, unkomplizierter der ablaufende Prozeß ist, um so klarer ist die Einsicht,

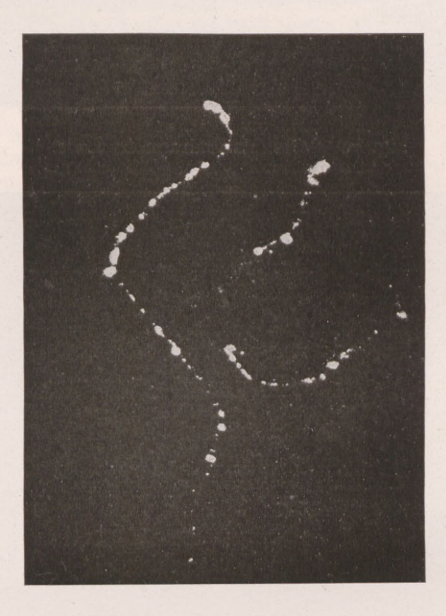


Fig. 9. β-Strahlenbahnen in einzelne Nebeltröpfchen aufgelöst.

die er vermittelt. Darum ließen sich auch aus diesen einfachen Nebelbahnen eine ganze Reihe grundlegender Erkenntnisse gewinnen.

Ich will nur eine Tatsache hervorheben, deren richtige Deutung die Grundlage für das bereits geschilderte Atommodell und damit für die ganze moderne Atomtheorie gebildet hat.

Die α-Strahlen verlaufen im allgemeinen geradlinig. Wenn ein α-Teilchen in geeigneter Weise auf ein Elektron in einem Gasatom trifft, so wirft es dieses Elektron heraus, es ionisiert das Gasatom, läuft aber selbst nachher in seiner Richtung ungestört weiter. Wenn dagegen das α-Teilchen durch die äußere Elektronenhülle des Atoms in die Nähe des Atomkerns eindringt, dann wirkt die große positive Ladung des Atomkerns auf das ja ebenfalls positiv geladene α-Teilchen so stark abstoßend, daß das α-Teilchen aus seiner Bahn herausgeworfen wird und nun in veränderter Richtung weiterläuft. Wenn also die Nebelbahn eines α-Teilchens an irgendeiner Stelle einen plötzlichen Knick aufweist, so kann man mit absoluter Sicherheit daraus schließen, daß an dieser Stelle das α-Teilchen durch die Elektronenhülle eines Gasatoms hindurch bis an dessen Atomkern herangeflogen ist und durch die Krafteinwirkung dieses Kerns aus seiner Bahn abgelenkt wurde. Obwohl diese Ablenkungen äußerst selten auftreten, weil ein α-Teilchen nur sehr selten in die Nähe eines Atomkerns gelangt, kann man doch aus ihnen sehr wichtige Aufschlüsse über den Aufbau der gestoßenen Atomkerne erlangen. Aus der Größe der Ablenkungen wurden die Dimensionen der Atomkerne als so winzig klein erschlossen, wie ich sie Ihnen angegeben habe. Aus der Häufigkeit, mit der unter sehr vielen α-Strahlen eine Knickung der Bahn um eine bestimmte Größe etwa um einen Winkel von 90° beobachtet wird, kann die positive Ladung der von den α-Strahlen getroffenen Atomkerne bestimmt werden. So wurden α-Strahlen durch ganz dünne Folien von Silber hindurchlaufen gelassen und beobachtet, welcher Bruchteil aller α-Strahlbahnen eine Knickung um 30° aufwies. Aus diesem Bruchteil ergab sich die bei der Abstoßung wirksame positive Ladung des Silberkerns zu 47 — wie die Tabelle zeigt — in voller Übereinstimmung mit der Platzzahl des Silbers im periodischen System.

Gerade derartige Beobachtungen solcher Kernzusammenstöße waren es, die Rutherford zur Aufstellung des modernen Kernatommodells geführt hatten.

Daß die Ablenkungen der α-Strahlen so tiefgreifende Erkenntnisse vermitteln können, liegt daran, daß es sich bei diesen Erscheinungen wirklich um die Wechselwirkung zweier einzelner Atomkerne handelt, des getroffenen Atomkerns und des α-Teilchens, das ja ein Heliumkern ist. Wenn das α-Teilchen dem getroffenen Atomkern besonders nahe kommt, so wird nicht nur das α-Teilchen abgelenkt, sondern es wirkt selbst auch schon störend auf die Anordnung des Atomkerns ein, indem es dessen negative Bestandteile anzieht und die positiven abstößt. Auch diese Störungsprozesse konnten beobachtet werden. Rein theoretisch kann man hierbei voraussehen, daß, wenn diese durch das α-Teilchen bewirkten Störungen des Atomkerns eine gewisse Größe erreichen, das α-Teilchen schließlich durch die Anziehungskräfte der negativen Kernelektronen in den Atomkern hineingezogen werden muß. Damit würde das α-Teilchen in den Atomkern eingebaut werden, es würde aus einem ursprünglich leichteren Atomkern ein schwererer entstehen, wir hätten also den Aufbau eines schwereren Elementes aus einem leichteren vor uns. Ich werde Ihnen am Schluß meines Vortrages einen Versuch beschreiben, der tatsächlich für einen derartigen Aufbauprozeß zu sprechen scheint. Jedenfalls aber wird bei einem Zusammentreffen von Atomkern und α-Teilchen

nicht nur das α-Teilchen abgelenkt, sondern der Atomkern wird dabei auch durch den Stoß in schnelle Bewegungen gesetzt, d. h. das so getroffene Gasatom vermag ebenso wie das schnell fliegende α-Teilchen Gasatome zu ionisieren und daher eine sichtbare Nebelbahn zu erzeugen. Die Länge dieser Bahn hängt natürlich von der Größe der Geschwindigkeit ab, die das Gasatom bei dem Zusammenstoß erhalten hat. Ich kann auch diesen Vorgang im Bild (Fig. 10) vorführen.

Die Figur zeigt an der Knickstelle der α-Strahlenbahn noch deutlich die kurze Nebelbahn des durch den Stoß in schnelle Bewegung gesetzten Atomkerns.

Da hier die α-Teilchen durch Luft hindurchliefen, so ist das in Bewegung gesetzte Atom ein



Fig. 10. Knick in der α-Strahlenbahn.

Stickstoffatom oder Sauerstoffatom. Diese Atome sind dreimal bis viermal schwerer als das α-Teilchen (Heliumkern) und daher werden sie selbst beim günstigsten Zusammenstoß nur kleine Geschwindigkeiten erhalten und nur kurze Strecken durchlaufen können. Anders liegen die Verhältnisse, wenn man ein α-Teilchen auf ein Atom auftreffen läßt, das leichter ist als das α-Teilchen, also auf ein Wasserstoffatom. Wegen seiner viermal kleineren Masse kann der Wasserstoffkern bei einem Zusammenstoß mit dem α-Teilchen eine größere Geschwindigkeit bekommen, als das α-Teilchen nach dem Stoß behält und wird dann eine größere Strecke durchlaufen können.

Die folgende Fig. 11 zeigt diesen Prozeß. In den Gang der α-Strahlen wurde eine dünne Paraffinfolie eingeschaltet, derart, daß etwa die Hälfte des α-Strahlenbündels (in der Figur links) diese Paraffinfolie durchlaufen mußte und daher in Luft nur mehr eine kleinere Strecke durchdringen konnte. Paraffin ist bekanntlich eine Verbindung, die viel Wasserstoff enthält, und das Bild läßt erkennen, daß ein Wasserstoffkern durch Auftreffen eines α-Teilchens herausgeworfen wurde.

Ein solcher Wasserstoffkern hat, abgesehen von seiner kleineren Masse, alle Eigenschaften, die die gewöhnlichen Helium-α-Teilchen besitzen. Er vermag Gase zu ionisieren, das zeigt ja das Auftreten seiner Nebelbahn, er ruft auch ganz ähnliche Leuchtwirkungen hervor wie die α-Strahlen, er schwärzt die photographische Platte usw.

Sie sehen also, daß wir wirklich nicht nur die Existenz einzelner Atome nachweisen können, wir können auch ihre einfachsten, nicht weiter teilbaren Bausteine, die positiven Wasserstoffkerne und die negativen Elektronen einzeln sichtbar

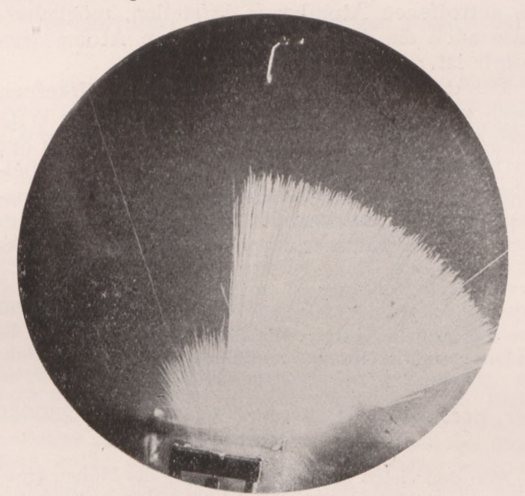


Fig. 11. Wasserstoffstrahl aus Paraffin.

machen. Auf dieser Möglichkeit beruht nun auch der schon mehrfach erwähnte experimentelle Nachweis, daß wirklich die schwereren Atomkerne als einen ihrer Bestandteile Wasserstoffkerne enthalten.

Der Beweis ist zuerst durch RUTHERFORD erbracht worden. Als er verschiedene Elemente, wie Stickstoff, Phosphor, Aluminium, mit den α-Strahlen sehr starker Radiumpräparate bombardierte, beobachtete er das Auftreten vereinzelter Wasserstoffstrahlen. Natürlich waren dabei alle Vorsichtsmaßregeln getroffen, daß nicht etwa Spuren verunreinigenden Wasserstoffs den Anlaß zu den beobachteten schnell bewegten Wasserstoffkernen geben konnten; außerdem zeigten diese Wasserstoffstrahlen auch viel längere Bahnen, als sie bei direkten Zusammenstößen zwischen α-Strahlen und Wasserstoffatomen beobachtet werden. Es blieb daher nur der Schluß übrig, daß diese Wasserstoffkerne Bruchstücke der durch die auftreffenden α-Strahlen zertrümmerten Atomkerne der schwereren Elemente seien.

Die Anzahl der zertrümmerten Atomkerne ist allerdings außerordentlich gering. Die α-Strahlen von 1 g Ra können im Laufe eines Jahres nur einige Zehntausendstel Kubikmillimeter Stickstoff zertrümmern und dadurch die gleiche Menge Wasserstoff frei machen. Aber das Wesentliche ist ja hier nicht die praktische Ausbeute, sondern die Erkenntnis, daß der Wasserstoff als Bruchstück der zertrümmerten schweren Atome auftritt und daß Wasserstoffkerne und Elektronen die letzten einfachsten Bausteine aller Materie sind.

Die RUTHERFORDschen Zertrümmerungsergebnisse haben dem spontanen, von uns nicht beeinflußbaren, radioaktiven Zerfall der Elemente einen willkürlich hervorrufbaren Abbau der schwereren Elemente in leichtere an die Seite gestellt. Es liegen aber, wie erwähnt, auch einige Anzeichen dafür vor, daß mit diesen künstlichen Zertrümmerungen, die ja die denkbar weitgehendste Störung des getroffenen Atomkerns darstellen, möglicherweise auch ein Aufbau in schwerere Atome verknüpft ist.

Bei der Zertrümmerung von Stickstoffkernen durch α-Strahlen wurde bei Anwendung der WILSONschen Nebelmethode beobachtet, daß nach der Zertrümmerung nicht, wie zu erwarten, drei Nebelbahnen auftraten, die dem α-Teilchen, dem herausgeworfenen Wasserstoffkern und dem Rest des nach der Zertrümmerung übrigbleibenden Stickstoffkerns angehören müßten, sondern nur zwei Nebelbahnen. Und diese zwei Bahnen konnten nach ihrem Habitus nur dem Wasserstoffkern und einem Atom, das größere Masse und größere Kernladung besitzen muß, als dem Stickstoffkern angehört, zugeschrieben werden. Das Fehlen des α-Teilchens nach der Zertrümmerung legt die Vermutung nahe, daß das α-Teilchen, während es aus dem Stickstoffkern einen Wasserstoffkern abspaltet, selbst in den Stickstoffkern hineinfällt, in Übereinstimmung mit der früher erwähnten theoretischen Folgerung. Hierbei würde die positive Ladung des Stickstoffes, die 7 beträgt, um die eine Einheit des abgespaltenen Wasserstoffkerns vermindert und dann um die zwei Einheiten des α-Teilchens vermehrt, im ganzen also von sieben auf acht erhöht werden. Es würde also aus dem Stickstoffkern ein Sauerstoffkern entstehen, und wir hätten tatsächlich als letztes Ergebnis des ganzen Prozesses einen Atomaufbau vor uns.

Die Versuche, die bisher hierüber vorliegen, reichen nicht aus, um mit Gewißheit auf einen künstlichen Atomaufbau schließen zu können. Aber wir stehen ja mit der Erforschung der Atomkerne erst am Anfang eines Weges, und alles, was ich hierbei vorgebracht habe, sollte und konnte nur eine Orientierung über die Richtung geben, in der die moderne Atomforschung die Lösung dieses Problems versucht.

Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschranken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Der kosmische Ursprung der durchdringenden Höhenstrahlung.

Von den vielen über den Ursprung der Höhenstrahlung aufgestellten Hypothesen ist am wahrscheinlichsten wohl die von NERNST, daß diese außerordentlich harte Strahlung von bestimmten Teilen des Fixsternhimmels zu uns kommt. Bei der Kulmination dieser Stellen muß sich dann ein Maximum der Ionisation zeigen. KOLHÖRSTER konnte Juli 1923 und 1924 und vor allem August-September 1926 zeigen, daß es derartige Maxima gibt. In voller Übereinstimmung damit fand der eine von uns[1]) bei Messungen der Härte der Strahlung auch deren tägliche Periode mit Hauptmaximis um 2a, 9a, 5p M.E.Z. (Ende August — Anfang September 1926). Eine Berechnung des zeitlichen Intensitätsverlaufes für den Fall des Meridiandurchganges einer dem Himmelsäquator nahen punktförmigen Strahlungsquelle ergab eine gute Übereinstimmung mit der gemessenen Kurve.

Um den kosmischen Ursprung sicherzustellen, muß vor allem die Verschiebung der Zeiten der Maxima entsprechend der *Sternzeit* gezeigt werden. 2, 6 bzw. 10 Monate nach den oben erwähnten Beobachtungen ist eine Verschiebung zu erwarten derart, daß die Maxima auf die Zeiten der damals beobachteten Minima fallen. Die jetzt am Wettersteingrat der Zugspitze (2830 m) — unter Ausschluß der Erdstrahlung durch Schnee — angestellten Beobachtungen ergaben einen Tagesgang mit einer Amplitude von etwa 8% der Höhenstrahlung. (Die Eigenstrahlung der Instrumente war kurz vor der Reise im Steinsalzbergwerk neu bestimmt worden.) In Fig. 1 ist dieser Gang und zum Vergleich der um 12 Stunden verschobene, 6 Monate vorher am Jungfraujoch[1]) gemessene gezeichnet. Die Übereinstimmung beider spricht zugunsten des kosmischen Ursprungs der durchdringenden Höhenstrahlung.

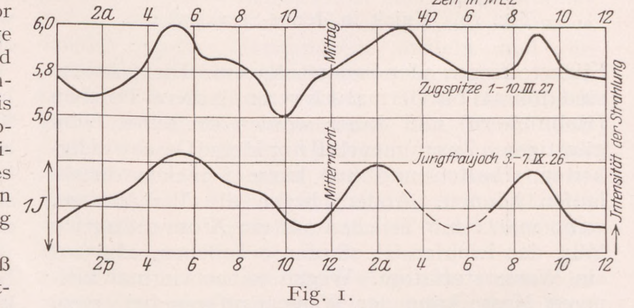


Fig. 1.

Die Mittel für die Untersuchung gab auf Anregung von Herrn Geheimrat WIECHERT die Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften, der auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Zur Zeit Bergstation der Zugspitzbahn, den 13. März 1927.

K. BÜTTNER. W. FELD.

[1]) K. BÜTTNER, Naturwissenschaften 15, 159. 1927.

[1]) K. BÜTTNER, Naturwissenschaften 15, 159. 1927.

Neuere Versuche über die Verwandlung von Wasserstoff in Helium.

Vor einigen Monaten habe ich gemeinsam mit K. PETERS in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft über Versuche zur Verwandlung von Wasserstoff in Helium berichtet[1]). Diese Mitteilung ist während meiner Abwesenheit von Deutschland auf Grund einer von der Redaktion der ,,Berichte" erteilten Genehmigung in den NATURWISSENSCHAFTEN zum Abdruck gelangt[2]); ich halte es daher für richtig, in einer Zuschrift an die NATURWISSENSCHAFTEN darauf hinzuweisen, daß ich kürzlich gemeinsam mit K. PETERS und P. GÜNTHER eine zweite Mitteilung in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft veröffentlicht habe[3]), in der wir auf Grund neuerer Versuche eine Erklärung für das Auftreten der beobachteten minimalen Heliummengen geben zu können glauben, ohne zu der Annahme einer Neuentstehung des Heliums greifen zu müssen.

In der ersten Mitteilung hatten wir als größte Gefahr das Eindringen von Helium aus der Atmosphäre durch die Glaswände der Apparatur betrachtet und diese Möglichkeit durch Anwendung von Vakuummänteln, Eintauchen in Wasser usw. ausgeschlossen. Daneben hatten wir auch schon die Möglichkeit diskutiert, daß das im Glas gelöste Helium die beobachteten Effekte erklären könne, waren aber durch Leerversuche zur Ansicht gekommen, daß die Menge des auf diese Weise freizumachenden Heliums noch unter der Empfindlichkeitsschwelle unseres Nachweisverfahrens bleibe. Wie nun unsere inzwischen sowohl im BAKER-Laboratorium der CORNELL-Universität wie im Chemischen Laboratorium der Universität Berlin ausgeführten Versuche gezeigt haben, ist die Abgabe von Helium aus Glas (und aus Asbest) von dem Vorhandensein von Wasserstoff abhängig; Glasröhrchen, die beim Erhitzen im Vakuum oder in Sauerstoff keine nachweisbaren Mengen Helium abgaben, lieferten beim Erhitzen in einer Wasserstoffatmosphäre Helium von der Größenordnung 10^{-9} ccm. Wenn daher bei früheren Versuchen die mit Palladium beschickten Glasröhrchen — welche sich beim Erhitzen natürlich mit Wasserstoff füllten — Helium ergeben hatten, die zu den Kontrollversuchen verwendeten leeren Glasröhrchen aber nicht, so lag entgegen dem Anschein die Quelle des Heliums nicht im Palladium, sondern im Glas.

Unsere Methode des Heliumnachweises ist empfindlich genug, um zu zeigen, daß ein Glasröhrchen, welches durch Erhitzen in Wasserstoff völlig von seinem Heliumgehalt befreit worden ist, schon bei eintägiger Berührung mit Luft einen nachweisbaren Betrag neonfreies Helium aus der Atmosphäre aufnimmt.

Da sich Asbest analog verhält wie Glas, ist jetzt auch erklärt, warum ein einziges Palladiumpräparat, ein käuflich erworbener Palladiumasbest, nach Wasserstoffbeladung größere Mengen (10^{-7} ccm) Helium lieferte; hier war offenbar zum Unterschied von den von uns selbst hergestellten Präparaten der Asbest nicht heliumfrei geglüht worden, und von dem restlichen Helium wurde nun beim Erhitzen immer dann ein Bruchteil in Freiheit gesetzt, wenn das Palladium mit Wasserstoff beladen war, während in Sauerstoff keine Heliumentwicklung beobachtet werden konnte.

Das Ergebnis unserer neueren Versuche ist daher die Feststellung, daß man bei Verwendung einer Glasapparatur keine zuverlässige Angabe über die Provenienz von 10^{-9} ccm Helium machen kann, wenn Luft mit der Apparatur in Berührung kommt und später Teile der Apparatur in Wasserstoff erhitzt werden. Wir wollen versuchen, durch Vermeidung jeglichen Erhitzens zu entscheiden, ob eine Verwandlung von Wasserstoff in Helium etwa in der Größenordnung 10^{-9} ccm oder darunter stattfindet; die gebildete Menge erreicht jedenfalls weder bei den von verschiedenen Seiten beschriebenen und von uns nachgeprüften Versuchen über elektrische Entladungen, noch bei den Versuchen über die Einwirkung von Palladium die Größenordnung 10^{-8} ccm.

Daß die auf 10^{-8} ccm eingeschränkte Empfindlichkeit unserer Methode ausreichend ist, um die anderen von uns in unserer ersten Mitteilung behandelten Fragen, wie Heliumgehalt von Meteoriten, Heliumentwicklung aus radioaktiven Niederschlägen usw., mit Sicherheit zu entscheiden, braucht wohl nicht eigens betont zu werden.

Berlin, den 2. April 1927. FRITZ PANETH.

[1]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 59, 2039. 1926.
[2]) Naturwissenschaften 14, 956. 1926.
[3]) Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. 60, 808. 1927.

Der polymere Formaldehyd, ein Modell der Cellulose.

1. Über die Konstitution der Cellulose und ähnlicher Naturprodukte bestehen heute zwei Auffassungen. Nach der einen, die vor allem von KARRER, BERGMANN und HESS vertreten wird, sind die Unlöslichkeit und die sonstigen auffallenden Eigenschaften dieser Naturstoffe dadurch bedingt, daß relativ kleine Individualgruppen durch starke Gitterkräfte in den Krystallen zusammengehalten werden. Nach der anderen Anschauung (STAUDINGER) liegen große Moleküle, Makromoleküle, vor. Über die Bindungsart der einzelnen Grundkörper in den großen Molekülen läßt sich hier nichts aussagen, da diese unbekannt sind.

2. Um die Konstitution dieser hochmolekularen Verbindungen aufzuklären, ist es zweckmäßig, einfachere, synthetische Stoffe mit ähnlichen Eigenschaften zu bearbeiten. So wurden als Modell der Cellulose die Polyoxymethylene untersucht, bei denen man außer den Polymerisationsprodukten auch die monomere Verbindung kennt. So kann man durch chemische Untersuchungen Aufklärung über die Bindungsart der Grundkörper in den Polymeren erhalten.

3. Durch Spaltung dieser unlöslichen Polyoxymethylene mit Essigsäureanhydrid gelingt es, lösliche Polyoxymethylendiacetate mit 1—20 Formaldehydgruppen zu erhalten, die sich durch Unterschiede in der Flüchtigkeit und Löslichkeit trennen lassen. Bei diesen Polyoxymethylendiacetaten stimmte das auf chemischem Weg bestimmte Molekulargewicht mit dem auf osmotischem Weg festgestellten überein; endlich konnte noch die so gefundene Molekülgröße durch röntgenometrische Untersuchungen bestätigt werden. Damit ist die Bindungsmöglichkeit des Formaldehyds zu längeren Ketten erwiesen.

4. Darnach müssen die unlöslichen Polyoxymethylene sehr hochpolymere Körper sein, bei denen mindestens 100 Formaldehydgruppen gleichartig gebunden sind.

In den von AUERBACH und BARSCHALL beschriebenen α-, β-, γ- und δ-Polyoxymethylenen liegt nicht reiner polymerisierter Formaldehyd vor, sondern die Produkte zeigen chemische Unterschiede; das α-Derivat ist ein hochpolymeres Polyoxymethylenhydrat, das β-Derivat ein Schwefelsäureester desselben, das γ-Produkt ein Dimethyläther; bei der δ-Modifikation sind endlich tiefgreifendere Umwandlungen erfolgt. Die

Unterschiede in den verschiedenen Modifikationen lassen sich also durch Formeln im Sinne der KEKULÉschen Strukturlehre wiedergeben.

5. Die genannten Polyoxymethylene zeigen alle, wie sehr auch ihre chemischen Eigenschaften verschieden sein mögen, genau dasselbe DEBYE-SCHERRER-Diagramm, und zwar ein Diagramm mit auffallend scharfen Ringen. Die scharfen Reflexe des Diagramms entstehen an den Netzebenen eines quasi-hexagonalen Atomgitters, das aus den CH_2- und O-Teilchen gebildet wird. In der Richtung der „hexagonalen" Achse liegen sehr langgestreckte Gebilde — CH_2-O-CH_2-O —, und zwar enthält das krystallographische Elementarvolumen davon immer die Doppelgruppe CH_2-O-CH_2-O. Ihre Länge beträgt 3,54 Å, eine Gruppe CH_2-O beansprucht also immer 1,77 Å. Im Gegensatz hierzu ist der seitliche Abstand je zweier von diesen langen Ketten recht groß, der kürzeste Abstand beträgt 3,9 Å.

So bestätigt der röntgenometrische Befund das Vorhandensein von Molekülen, in denen die Atome C-O-C-O dicht aufeinanderfolgen und demgemäß durch starke „chemische" Kräfte zusammengehalten werden, während die Querabstände zweier benachbarten Moleküle groß sind und dementsprechend zwischen ihnen relativ schwache Gitterkräfte wirken.

6. Die niedrigeren Polymeren, von denen besonders die Diacetatverbindungen $(CH_2O)_n \cdot (CH_3 \cdot CO)_2O$ untersucht worden sind, $n = 8$ bis $n = 19$, krystallisieren in blättchenförmigen Aggregaten, und zwar steht die Basisebene nahezu senkrecht auf der Längsrichtung der Moleküle. Das DEBYE-SCHERRER-Diagramm der niedrigeren Polymeren enthält dieselben Ringe, welche das Diagramm der Hochpolymeren bilden, doch sind die Ringe der Pyramidenflächen, d. h. der Netzebenen, welche die Moleküle schneiden, bei den Niederpolymeren entweder verwaschen oder in mehrere feine Ringe aufgespalten. Außerdem zeigt es um den Zentralfleck herum stets einige sehr enge Ringe, welche von den Basisreflexen erster bis vierter Ordnung des Molekülgitters herrühren. Berechnet man aus den Basisringen die Länge eines Moleküls, so findet man für jede neuhinzutretende CH_2-O-Gruppe den gleichen Zuwachs der Molekülllänge. Dieser Zuwachs beträgt ungefähr 1,8 Å, er ist innerhalb der Fehlergrenzen ebenso groß wie die aus dem Gitter der Hochpolymeren berechnete Länge einer CH_2-O-Gruppe.

Aus diesem Befund ist zu schließen, daß die Moleküle der Niederpolymeren nach demselben quasihexagonalen Schema nebeneinander gelagert sind wie die der Hochpolymeren; so entstehen Platten, die aufeinandergeschichtet Krystalltäfelchen liefern. Man bekommt im Röntgendiagramm gleichzeitig die für das Molekülgitter charakteristischen Basisreflexe und die Reflexe des Atomgitters. Die letzteren stimmen jedoch nur angenähert, sie entsprechen nämlich Netzebenen des Molekülgitters mit ziemlich großen Indices, die sehr nahe mit den Netzebenen des Atomgitters übereinstimmen.

7. Nur die niedrigen Polymeren krystallisieren in Schüppchen. Die Hochpolymeren bilden im allgemeinen ein regelloses Gemisch von kleinen „Krystalliten". *Ein* hochpolymeres Produkt, nämlich ein γ-Polyoxymethylen (Polyoxymethylendimethyläther), läßt sich durch Sublimation von β-Polyoxymethylen im Vakuum in langen Fasern herstellen, die nach der röntgenometrischen Untersuchung wie die Cellulose Faserstruktur zeigen. Die Längsrichtung der Makromoleküle ist zugleich die Faserrichtung.

Es ist demnach anzunehmen, daß die hochpolymeren Körper keine Molekulargitter bilden, wahrscheinlich bestehen sie sogar aus Molekülen verschiedener Länge, und in dem von den Elementarteilchen CH_2 und O gebildeten Atomgitter liegen die Endgruppen der Moleküle regellos und in großen Abständen verstreut, ähnlich wie Fremdkörperchen in einem aus CH_2 und O gebildeten Krystall. So erklärt sich, daß diese Endgruppen, welche für die großen chemischen Unterschiede der verschiedenen Hochpolymeren verantwortlich zu machen sind, auf das Röntgenbild gar keinen Einfluß haben.

8. Auf Grund dieser Untersuchungen sind die bisherigen Vorstellungen über die Konstitution der Cellulose nicht mehr haltbar. Aus den röntgenometrischen Untersuchungen läßt sich nur die Elementarzelle des Atomgitters, nicht aber die Molekülgröße bestimmen; aus den zahlreichen Parallelen zwischen den Polyoxymethylenen und der Cellulose kann man schließen, daß auch diese ein hochpolymerer Körper ist.

Freiburg i. Br., Physikalisches und Chemisches Institut der Universität, den 19. März 1927.

Röntgenometrischer Teil bearbeitet von G. MIE und J. HENGSTENBERG.

Chemischer Teil bearbeitet von H. STAUDINGER, H. JOHNER, M. LÜTHY und R. SIGNER[1]).

[1]) Die chemischen Untersuchungen sind größtenteils im Laboratorium der Technischen Hochschule in Zürich ausgeführt worden. Vgl. Dissertationen: M. LÜTHY, Zürich 1923, und H. JOHNER, Zürich 1927. — Eine ausführlichere Arbeit erscheint nächstens in der Zeitschrift für physikalische Chemie.

Besprechungen.

BETHE, A., G. v. BERGMANN, G. EMBDEN und A. ELLINGER, **Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie.** XVII. Band: Correlationen III. Wärme- und Wasserhaushalt. Umweltsfaktoren. Schlaf. Altern und Sterben. Konstitution und Vererbung. Berlin: Julius Springer 1926. XI, 1204 S. und 179 Abb. 17 × 25 cm. Preis geh. RM 84.—, geb. RM 90.60.

Über die Bedeutung dieses Handbuches braucht nach dem Bericht über den II. Band (NATURWISSENSCHAFTEN 1926, S. 117) nichts weiter gesagt werden. Nur darf wohl unterstrichen werden, daß dieses Handbuch nicht nur für den Kliniker und Physiologen, sondern auch für den Morphologen ein unentbehrliches Nachschlagewerk darstellt. Dies gilt ganz besonders für den vorliegenden Band. Sind doch einzelne Kapitel, wie dasjenige von der Wirkung der physikalischen Umweltsfaktoren, vom Altern und Sterben, von Konstitution und Vererbung, im wesentlichen auf morphologischen Tatsachen aufgebaut. So kommt es auch wohl, daß ein Morphologe als Referent erscheint.

Der umfangreiche Band beginnt mit einer Darstellung der *Physiologie der Wärmeregulation* durch ISENSCHMIDT. Nach einer kurzen Beschreibung der Phylogenese der wärmeregulatorischen Funktionen, ihrer ontogenetischen Ausbildung und ihrer Verschiedenheit bei den Warmblütern werden die physiologischen Schwankungen der Körpertemperatur bei Mensch und Haustieren eingehender besprochen. Unter ihnen spielt die Tagesschwankung die Hauptrolle. Ihre Beziehung

zu dem Zustand des Nervensystems wird überzeugend geschildert. Unter den chemischen Wärmeregulationen, welche dann besprochen werden, müssen nach ISENSCHMIDT auch die sympathisch beeinflußbaren Vorgänge am motorisch ruhig gestellten Muskel berücksichtigt werden. So erklären sich wohl die Widersprüche der Autoren, welche in dieser Frage noch immer, auch in späteren Kapiteln dieses Bandes (SCHADE, KESTNER), hervortreten. Unter den physikalischen Faktoren der Wärmeregulation wird auf die stabileren Wärmeschutzeinrichtungen der Haut (Fettpolster, Behaarung), sowie auf die Körperstellung hingewiesen. Es folgt die vasomotorische Wärmeregulation, das Schwitzen und die Wärmepolypnoe (Tachypnoe). Bei der Schilderung der nervösen Mechanismen der Wärmeregulation werden die neuzeitlichen Forschungen über das Zwischenhirn, besonders das Tuber cinereum, eingehender gewürdigt. Es folgen dann die hormonalen Einflüsse, besonders diejenigen der Schilddrüse, der Nebennieren und der Hypophyse.

In dem anschließenden Kapitel über *Pathologie und Pharmakologie der Wärmeregulation* durch H. FREUND werden nur die endogen bedingten Hyperthermien besprochen. Hier spielt das Fieber als zentrale Funktionsstörung die Hauptrolle. Vernichtung der physikalischen und der chemischen Regulationsmechanismen schließt auch Fieberentstehung aus. Daher spielen Funktionsstörungen der Erfolgsorgane eine wichtige Rolle. Bei den Hypothermien kommt die große Bedeutung der Kreislaufstörungen deutlich zum Ausdruck.

Bei der Schilderung des *Winterschlafes* durch LEO ADLER zeigt sich das Bemühen des inzwischen verstorbenen Autors, den neuzeitlichen Anschauungen über die hormonalen Faktoren gerecht zu werden. Wieweit bei diesen Schilderungen über die Veränderungen der endokrinen Drüsen, besonders der Epithelkörperchen (unveröffentlichte Untersuchungen des Autors) und der Schilddrüse, die Einwirkung des Lichtmangels genügend berücksichtigt ist, sei dahingestellt.

Der „Wasserhaushalt" wird in 3 besonderen Kapiteln: *Allgemeines und Vergleichendes des Wasserhaushaltes* durch J. K. PARNAS; *Physiologie des Wasserhaushaltes* durch R. SIEBECK, *Pathologie und Pharmakologie des Wasserhaushaltes einschließlich Ödem und Entzündung* durch W. NONNENBRUCH behandelt.

Das 1. Kapitel ist eine wichtige vergleichend-physiologische Studie, in welcher vor allem die Verhältnisse bei den wasseratmenden Tieren berücksichtigt sind. In dem 2. Kapitel kommt der auf diesem Gebiete besonders beschlagene Verfasser zu Wort. Er bringt eine erschöpfende Darstellung des heute so wichtigen Problems. In dem 3. Kapitel interessiert am meisten die Darstellung der positiven Wasserbilanzen, wie sie sich im Ödem, in den entzündlichen Schwellungen und in denjenigen der Nierenkranken äußern. Handelt es sich hier doch um eine alle Zweige der Medizin beschäftigende, eifrig umstrittene Frage. ASHERS zellularphysiologische Theorie wird als Grundlage der Betrachtung gewählt, aber auf die großen Lücken unserer Kenntnisse auf diesem Gebiete hingewiesen. Der Ausdruck Gewebskolloid stellt keine einheitliche Größe dar. Deshalb werden auch die rein physikalischen Faktoren (DIETRICH) ihr Recht behalten. Für die Entzündungsphänomene kommen deren Abhängigkeit von physikalisch-chemischen Faktoren, so diejenigen der Leukocytenemigration (GRÄFF), und der Tumorbildung (SCHADE) von dem Wechsel der H-Ionenkonzentration stärker in Betracht. Im Anschluß hieran wird der *Diabetes insipidus* von ERICH MEIER geschildert.

In dem 3. Hauptabschnitt „Die physiologischen Wirkungen physikalischer Umweltsfaktoren" bespricht zunächst A. JODLBAUER *die physiologische Wirkung des Lichtes*. Die große Bedeutung der ultra-violetten Strahlung, besonders der Wellenlängen um 297 $\mu\mu$ für alle lebende Substanz, von den Bakterien angefangen, wird betont. Die Wirkung der strahlenden Energie als Elektronenverschiebung wird hier, wie auch an anderen Stellen des Handbuches, eingehender auseinandergesetzt. Besondere Berücksichtigung finden, entsprechend der eigenen großen Erfahrung des Autors, die photo-dynamisch wirkenden Stoffe, sowohl die organischen wie die anorganischen.

In der *Physiologie der Röntgen- und Radiumstrahlen* wird von CASPARI vor allem ihr gemeinsames Wirkungsprinzip geschildert. Der sekundären Elektronenemission als solcher wird keine so große Bedeutung beigelegt. Das wichtigste ist die Erwärmung (Punktwärmetheorie von DESSAUER). Die Allgemeinwirkungen werden im Sinne der Nekrohormonhypothese des Autors erklärt. Nach einem Versuche, die verschiedene Radiosensibilität der Gewebe mit Zustandsänderungen im Chromatin zu erklären, folgt ein wichtiges Kapitel über die viel umstrittene Frage der Reizung und Lähmung durch Strahlenwirkung. Hier hält der Autor, wohl mit Recht, an der Möglichkeit der Reizung fest und bringt genügende überzeugende Tatsachen bei. Im Kapitel *Wärme* schildert SCHADE die physiologischen Regulierungsmechanismen gegenüber exogenen Überwärmungs- und Unterkühlungsfaktoren, deren Messungsmethodologie kritisch besprochen wird. Es folgen die lokale Verbrennung, der Hitzschlag und die Überwärmungskrankheiten, denen die Erfrierung und besonders eingehend die Unterkühlungs- oder Erkältungskrankheiten gegenübergestellt werden. Für letztere bringt der Verfasser sein eigenes umfangreiches Beobachtungsmaterial bei. Anschließend daran schildert STRASSBURGER die *physiologische Wirkung der Bäder* und LINKE die *physikalischen Faktoren des Klimas*. Der ganze Abschnitt schließt mit einer gründlichen, aber auch den Sonderstandpunkt des Verfassers vielfach stark betonenden Abhandlung über die *physiologischen Wirkungen des Klimas* durch OTTO KESTNER. Ob die geringe Einschätzung der Luftdruckverminderung mittleren Grades auf die Blutbildung gegenüber den Strahlungen auch heute nach den Untersuchungen A. LÖWYS noch berechtigt ist, mag bezweifelt werden. Auch in der Bewertung der Wärmebildung im motorisch stillgelegten Muskel nimmt KESTNER eine ablehnende Stellung ein. Das Wertvolle des Kapitels liegt aber gerade in der Kritik gegenüber landläufigen Anschauungen und in den mitgeteilten sorgfältigen Selbstbeobachtungen des Verfassers.

Der nächste Hauptabschnitt handelt über den „Schlaf und schlafähnliche Zustände". Die *Physiologie des Schlafes* ist von U. EBBECKE, die *Pathologie* von ECONOMO bearbeitet. EBBECKE betont dabei die Vielheit der Bedingungen: Es gibt kein „Schlafzentrum". Umgekehrt wird in ECONOMOS Beitrag die große Bedeutung des Schlafsteuerungszentrums für den Schlaf als Krankheitssymptom z. B. bei der Encephalitis lethargica hervorgehoben. Im Anschluß an dieses Kapitel werden die *Hypnotica* von H. H. MEYER und E. P. PICK in gedrängter Übersicht abgehandelt. Eine sehr anregende und eigenartig geschriebene Darstellung ist diejenige des *Traumes* von A. HOCHE. Es handelt sich um einen Niederschlag jahrzehntelanger genauester Selbstbeobachtungen und eingehender Literaturstudien. Die fehlenden Einzelbelege werden in einer über das gleiche Thema erscheinenden Monographie (G. Fischer,

Jena) enthalten sein. Wichtig und lehrreich ist auch die Darstellung des *periodischen Tageswechsels bei poikilothermen Tieren* durch R. W. Hoffmann und der *Tagesperiodischen Erscheinungen bei Pflanzen* durch R. Stoppel. Es folgt eine Abhandlung über *Hypnose* und *Suggestion beim Menschen* von J. H. Schulze. Das Ganze findet seinen Abschluß in einer sorgfältigen Darstellung der *reflektorischen Immobilisationszustände* im Tierreich durch R. W. Hoffmann.

Es folgt dann der Abschnitt über „Altern und Sterben". Er wird eingeleitet durch eine sehr übersichtliche, vergleichende Studie über das *Altern und Sterben von Pflanzen und Tieren* von E. Korschelt. Die große eigene Erfahrung des Verfassers, seine umfassenden literarischen Kenntnisse sind überall bemerkbar. Als besonders wichtig seien die Beschreibungen der Altersveränderungen von Zellen im Zellverband und an den Organen, zumal bei niederen Tieren hervorgehoben. Danach kann man nicht umhin, den natürlichen Tod der Tiere als einen Gehirntod anzusehen. In dem Unterabschnitt Verjüngung werden mit Recht die Arbeiten von Harms, welche denen Steinachs vorausgingen, eingehender gewürdigt. Eine erschöpfende, hier und da etwas breitangelegte Darstellung findet das *Altern und Sterben des Menschen* durch S. Hirsch. Es ist sehr verdienstvoll, daß alles bekannte Material einmal kritisch zusammengetragen ist. Lehrreich sind die beigefügten Abbildungen. Auf die Unsicherheit des Begriffs „Altern" wird mit Recht hingewiesen. Bei der Besprechung des Alterns im Sinne der Involution werden sowohl die physiologischen wie die morphologischen Merkmale (letztere besonders im Anschluß an Rößles Darstellungen) geschildert. Wichtig sind die Hinweise auf die zentralnervöse Bedingtheit vieler früher für peripher ausgelöst gehaltener Symptome (Rigidität der Muskeln, Tremor usw.). Sehr gut ist die geistige Isolierung des Greises geschildert. Auch die Frage der Alterskrankheiten, des natürlichen Todes und des Sterbens wird eingehend besprochen. Ob die Ablehnung eines natürlichen Todes für den Menschen richtig ist, bleibe dahingestellt.

Der ganze Band findet seinen Abschluß in einer zusammenfassenden Darstellung der „Konstitution und Vererbung", wobei die *Erblichkeitslehre im allgemeinen und beim Menschen im besonderen* von F. Lenz, die *Physiologie des Kernes als Vererbungssubstanz* von C. Herbst, die *Phänomenologie und Systematik der Konstitution und deren dispositionelle Bedeutung auf somatischem Gebiete* von J. Baur, diejenige auf *psychischem Gebiete* von H. Hoffmann behandelt wird. Die Darstellung von Lenz ist wie immer klar durchdacht und gibt alles Wesentliche übersichtlich wieder. Alle neueren Forschungen über den Vererbungsapparat, besonders die Arbeiten der Morganschen Schule, sind berücksichtigt. Sein Lieblingsthema, das der erblichen Bedingtheit des Geschlechts, findet eingehende Berücksichtigung. Bei der Besprechung der Veränderungen der Erbmasse wird die Vererbung erworbener Eigenschaften als bisher unbewiesen mit Recht abgelehnt. Lenz schließt mit einer Schilderung der großen Rassen. Ausgezeichnet ist die Darstellung von Herbst über den Kern als Vererbungssubstanz. Gut ausgewählte Abbildungen unterstützen dieselbe. Die Bedeutung der Kernsubstanz als ausschlaggebender Träger der Vererbung, aber auch die Beeinflußbarkeit seiner Wirkung durch das Eiplasma werden an der Hand der wichtigsten vorliegenden Experimente erörtert. Schließlich wird eine Hypothese über die Art der Vererbungssubstanz entwickelt. Die Fülle des zu behandelnden Materials, zumal des klinischen, bringt es mit sich, daß das Kapitel von Baur nicht so einfach zu gliedern ist wie das vorhergehende. Dafür findet man eine Zusammenstellung aller verschiedenen, hier in Betracht kommenden Erscheinungen und im Anschluß daran eine Systematik der Konstitutionen. In dem letzten Kapitel von H. Hoffmann wird sehr anschaulich die neuzeitliche Konstitutionsforschung auf dem Gebiete des Psychischen zumal im Anschluß an Kretschmer geschildert. Damit werden auch die Einwendungen, als handele es sich nur um Rassentypen, zurückgewiesen.

Die Herausgeber kann man beglückwünschen, daß sie zur Darstellung der in diesen Band vereinigten Fragen so geschickte, fast möchte man sagen, besonders geschaffene Bearbeiter gefunden haben.

Ludwig Aschoff, Freiburg i. B.

PLAUTH, FELIX, **Paralysestudien bei Negern und Indianern.** Ein Beitrag zur vergleichenden Psychiatrie. Berlin: Julius Springer 1926, 98 S. und 15 Abbild. 17 × 25 cm. Preis RM 9.60.

Plauth stellt die Ergebnisse einer mit Kraepelin gemeinsam 1925 unternommenen Reise zur Erforschung der Paralyse bei Negern und Indianern zusammen. Abgesehen von den vom Autor selbst gemachten Feststellungen erhält das Buch einen besonderen Wert dadurch, daß die bisherige statistische und wissenschaftliche amerikanische Literatur über diesen Problemkreis ausführlich herangezogen und kritisch bewertet wird. Dies unter besonderer Berücksichtigung der methodologischen Schwierigkeiten und Fehlerquellen, die sich der Bearbeitung der Aufgabe entgegenstellen. Untersucht wurden die Neger in den Vereinigten Staaten und Cuba, ferner die Indianer in den Vereinigten Staaten und in Mexiko.

Bezüglich der *nordamerikanischen Neger* ergibt sich folgendes: Von vornherein ist zu betonen, daß reinblütige Neger offenbar nur noch selten vorkommen, so daß sie also kein einwandfreies Material bilden, was Fragen von Pathologie und Rasseneigentümlichkeit betrifft. Zuverlässige Unterlagen über Vorkommen und Verbreitung der Syphilis bei Negern vor der Sklavenbefreiung fehlen. Es scheint, daß damals die Lues seltener war, sich aber nach der Befreiung rasch ausbreitete. *Jetzt* findet sich die Lues bei den Negern zweimal, bei den Negerinnen dreimal so häufig wie bei den Weißen entsprechenden Geschlechtes (ungünstige soziale Verhältnisse, hemmungslose unbekümmerte Sexualbetätigung). Klinische Unterschiede zeigen sich in der Seltenheit extragenitaler Primäraffekte (erhöhter Gewebsschutz außerhalb des Genitales?). Übereinstimmend wird im sekundären Stadium von häufigen follikulär-papulösen und pustulösen Exanthemen berichtet, vor allem ringförmige papulöse Syphilide. Unter tertiären Manifestationen scheint Knochensyphilis, Iritis luetica sowie Aortitis luetica in erheblich höherem Prozentsatze als bei Weißen vorzukommen. Ob die Negerlues im allgemeinen, wie behauptet wurde, milder verläuft und im ganzen geringere Manifestationen macht ist strittig. Wichtig ist die einwandfreie Tatsache, daß sich die Neger nach Abklingen der manifesten Symptome meist weiterer Behandlung entziehen. Hiermit wird die konstatierte erhöhte Neigung zu Rezidiven in Zusammenhang gebracht.

Was nun die *Paralyse* betrifft, so interessiert vor allem die Frage, ob die Negerparalyse im Verhältnis zu der Paralyse der Weißen unter Berücksichtigung der Syphilisrate beider Rassen höhere Prozentzahlen aufweist. Wäre das Häufigkeitsverhältnis an Paralyseerkrankungen bei Negern und Weißen gleich, so müßte sich, entsprechend der stärkeren Syphilisdurchseuchung

die Paralyse bei den Negern zwei- bis dreimal häufiger finden. Dagegen sprechen aber die amtlichen Statistiken. 1910 fand sich noch ein Überwiegen der Paralyse Weißer und 1923 ein ganz schwaches Überwiegen der Negerparalyse. Hingegen kommen einige Spezialuntersuchungen zu Ergebnissen, die etwa der Häufigkeit der Syphilis der beiden Rassen entsprechen, also ein von der amtlichen Statistik abweichendes Ergebnis. Geklärt ist diese Frage aber nicht. Übereinstimmend wird dagegen die *Lues cerebri* bei den Negern um ein Mehrfaches (etwa viermal so häufig) wie bei den Weißen gefunden. PLAUTH stellt zur Erwägung, ob nicht hierin eine diagnostische Fehlerquelle liege in dem Sinne, daß unter den als Lues cerebri aufgefaßten Fällen in größerer Zahl atypische Paralysen steckten.

Die eigenen Untersuchungen PLAUTHS im St. Elizabeth-Hospital in Washington betrafen 25 Männer und 11 Frauen mit sicherer Diagnose. Das klinische Bild zeigte keine wesentliche Abweichung von dem uns bekannten, die Mehrzahl waren einfach demente Formen. Bei der verhältnismäßig hohen Zahl von 4 Männern und 3 Frauen blieb jedoch die Diagnose Paralyse offen. Das Bild wurde beherrscht durch paranoid halluzinatorischen, bzw. schizophrenen Einschlag.

Bezüglich der sekundären Faktoren, die man als auslösende Momente am Zustandekommen der Paralyse angeschuldigt hat, wie Alkoholismus, geistige Überanstrengung, ungenügende Behandlung usw., ergab sich keinerlei Stütze für diese Behauptungen. Die Neger sind meist Handwerker, gehören dem Proletariat an, zeichnen sich nicht durch stärkeren Alkoholismus aus, eher umgekehrt, betätigen sich frühzeitiger und häufiger sexuell als die Weißen, sind überwiegend nur anbehandelt.

Zusammenfassend kommt PLAUTH so zu dem Schluß, daß die Paralyse der Neger keine Sonderprobleme weist und daß die Frage der Pathogenese der Paralyse bisher nur nach der negativen Seite eine Förderung erfahren hat.

Auffallend dagegen und abweichend von den Manifestationen der Syphilis am Nervensystem der Weißen ist die von den amerikanischen Forschern übereinstimmend konstatierte außerordentliche Seltenheit der *Tabes*. Sollten sich bei genauer Untersuchung diese Tatsachen weiterhin bestätigen, so könnten sich hier für die Pathogenese der Tabes und ihre Beziehung zur Paralyse weitere Feststellungen ergeben.

Die Lues der *Neger auf Cuba* ist in der Literatur erheblich schlechter bearbeitet, es fehlen zahlenmäßige Angaben über ihre Häufigkeit. Die Durchseuchung soll sowohl bei den Weißen wie bei den Schwarzen ziemlich stark sein. Im Gegensatz zu den nordamerikanischen Negern scheint aber die Paralyse bei den cubanischen Negern *erheblich* seltener vorzukommen wie bei den Weißen. In der Irrenanstalt Madzorra fand PLAUTH unter 543 Negern nur 2 Paralytiker, unter 600 Negerinnen keine Paralytica; unter 760 Weißen hingegen 20 Paralytiker. Die Gründe für diese auffallende Differenz sind bisher unklar.

Über die Lues der *nordamerikanischen Indianer* läßt sich nichts Allgemeingültiges sagen. Die Angaben der Ärzte sind je nach Stamm und Gegend, über die berichtet wird, ganz unterschiedlich. Klinisch soll sie sich kaum von der der Weißen unterscheiden — jedenfalls ist sie nicht schwerer — keine Häufung tertiärer Affektionen, eher Neigung zu Symptomarmut. Wassermannuntersuchungen bei 426 Puebloindianern 1923 ergaben bei 226 Männern 13,5%, bei 111 Frauen 7,7%, bei 89 Schulkindern 9,8% positiven Ausfall. Also eine durchschnittliche Verseuchung, wenigstens dieses Stammes, von 10%. Eigene Untersuchungen PLAUTHS in der Anstalt Kanton (South-Dakota) ergaben in 87 Fällen 9,2% positiven Wassermann, darunter *keine* Paralyse. Unter den 300 Kranken, die seit 1908 in die Anstalt kamen, sollen 2 Paralysen gewesen sein, darunter eine Tabo-Paralyse. Auch eine Erhebung bei den Ärzten der Indianerterritorien ergibt, daß Paralyse offenbar sehr selten zur Beobachtung kommt, ähnlich die Tabes. Auch hier lassen sich bisher keine sicheren Gründe für diese auffallende Tatsache geben.

Am wenigsten bekannt ist über die Durchseuchung mit Lues bei den *mexikanischen Indianern*. Ausreichende diesbezügliche Untersuchungen fehlen. Die Symptomatologie soll sich nicht wesentlich von der Lues der Weißen unterscheiden. Zur Feststellung der Durchseuchungsrate stellte PLAUTH bei 100 möglichst reinrassigen Indios in der Irrenanstalt der Hauptstadt die Wassermannreaktion an. Im ganzen fanden sich 24% positive Fälle. Die Frauen waren mehr durchseucht als die Männer. Im Gegensatz zu den nordamerikanischen Indianern ist hier wiederum die Paralyse nicht selten, PLAUTH fand 10 sichere Männerparalysen, KRAEPELIN 3 Frauenparalysen.

Dies sind die wichtigsten Tatsachen, die auf Grund eigener Untersuchung und Befragung sowie Verarbeitung der entsprechenden Literatur und Rücksprache mit den Landesärzten festgestellt worden sind. Eine Lösung der Paralysefrage haben sie nicht erbracht, aber zum ersten Male eine außerordentlich wertvolle Ordnung und Zusammenstellung des bisher zerstreuten Materials, und insbesondere — worauf PLAUTH immer wieder hinweist — eine Aufdeckung der Lücken noch ausstehender Untersuchungen, um schlüssige Relationen zwischen luischer Durchseuchung einerseits und metaluetischen Erkrankungen andererseits ziehen zu können. K. BERINGER, Heidelberg.

WEIDENREICH, F., **Rasse und Körperbau.** Berlin: Julius Springer 1927. XI, 187 S. und 201 Abb. 17 × 26 cm. Preis geh. RM 12.60, geb. RM 13.40.

Der Verfasser hält sich für verpflichtet, in seinem Vorwort zu betonen, daß er ein Buch von rein wissenschaftlichem Charakter geschrieben hat; diese Feststellung scheint ihm deshalb angebracht, weil er über *Rassen* schreibt. Trotzdem hebt er hervor, daß die Rassen nicht um ihrer selbst willen behandelt werden, sondern lediglich der engen Beziehungen wegen, die die Rassen mit Konstitutionsfragen verknüpfen. Unverkennbar liegt darin eine Gefahr, nämlich die, die beiden Begriffe zu identifizieren, was in den wissenschaftlich durchaus noch nicht feststehenden Abgrenzungen neue Verwirrung hervorrufen könnte. Allein WEIDENREICH führt den Gedanken konsequent durch, daß die beiden Haupttypen, der lepto- und der eurysome, „der menschlichen Art als solcher eigen sind", „weil eben die gleichen konstitutionellen Besonderheiten bei allen Rassen wiederkehren" (S. 114). Diesen Gedanken einmal ausgesprochen zu haben, scheint Ref. von Wichtigkeit zu sein. Es kann also ein Konstitutionsmerkmal Rassenmerkmal sein (S. 173), wie z. B. die Körpergröße; ob aber bei Kreuzungen zwischen leptosomen und eurysomen Typen einzelne Proportionen isoliert übertragen werden können (S. 175), ist in dieser Fassung wohl nicht ohne weiteres zu bejahen.

Das Buch ist in 8 Hauptteile gegliedert; es beschäftigt sich zunächst mit dem Begriff der Konstitution, des Körperbaues (Konstitution im engeren Sinne) und der Rasse. In einem zweiten Teil werden die *normalen* Körperbautypen an Hand der von verschiedenen Autoren bisher aufgestellten Typen besprochen, wobei allerdings nicht durchweg der *Normaltyp* der Ausgangspunkt war (KRETSCHMER, HENCKEL u. a.). Der dritte Abschnitt behandelt die Rasse und die konstitutionellen Haupttypen, wobei eine Fülle von

Abbildungsmaterial als Belege zusammengetragen ist. Jedenfalls wird man häufig aus den Lichtbildern mehr lernen können, als es in der Absicht des Verfassers lag. An dieses Kapitel schließt sich die „Historie der europäischen Rassen- und Konstitutionstypen" an, wobei Verf. auch Kritik übt an den von SCHEIDT für das Neolithicum aufgestellten neun Schädel- und Gesichttypen und diese ablehnt. In einem besonderen Teil wird der muskuläre und cerebrale Konstitutionstyp behandelt (S. 128—145). Aus diesem Kapitel sei nur am Beispiel GOETHES hervorgehoben, wie je nach *Alter* des Individuums die Zuteilung zum einen oder anderen Konstitutionstyp genau entgegengesetzt sein kann (S. 138/139), was in den nächsten Abschnitten „Entstehung und Veränderlichkeit" (S. 146 ff.) und „Ableitung und Wesen (S. 160ff.) der Körperbauformen" näher ausgeführt und konsequent sogar auch auf die Primatenschädel sowie einzelne Hunderassen ausgedehnt wird (S. 164ff.). Das Buch enthält eine gute Literaturübersicht. Es ist geistvoll geschrieben und bietet außerordentlich viel Anregung.

STEFANIE OPPENHEIM, München.

PARR, ALBERT EIDE, **Adaptiogenese und Phylogenese.** Zur Analyse der Anpassungserscheinungen und ihrer Entstehung. (Abhandlungen zur Theorie der organischen Entwicklung, Heft 1.) Berlin: Julius Springer 1926. 60 S. 16 × 24 cm. Preis RM 4.20.

Unter Ablehnung lamarckistischer Erklärungen entwirft der Verf. eine Lehre über die Entstehung der Anpassungserscheinungen. Die Annahme einer „Körperliche Intelligenz", die „über unserem Verstande liegt" und die Anpassungen in die Wege leitet, bietet keine wissenschaftliche Lösung. Anpassung ist keine Eigenschaft, sondern eine Relation. Sämtliche Funktionen, die ein Organismus in allen denkbaren Umgebungen würde ausführen können, werden als seine prospektiven Funktionen zusammengefaßt. Sämtliche Funktionen, die unendlich variierten Organismen in einer bestimmten Umgebung möglich sein würden, heißen prospektive biologische Funktionen dieser Umgebung. Wenn die gemeinsamen prospektiven Funktionen eines Organismus und seiner Umgebung für den Organismus günstig und hinreichend sind, besteht ein Anpassungsverhältnis zwischen Organismus und Umgebung. Auf dieser Grundlage baut PARR seine Adaptiogenese auf. Das DARWINsche Selektionsprinzip kann Anpassungsverhältnisse nur soweit erklären, als sie negativ aufgefaßt werden können. Die positiv bestimmten Anpassungsverhältnisse zwischen Organismen und Umgebungen entstehen durch die aktive Lokomotion der selbstbeweglichen Organismen unter Wählen der geeignetsten Umgebungen. Ein Anpassungsverhältnis zwischen Organismus (Form) und Funktion entsteht dadurch, daß der Organismus die nach seinem Bauplan günstigen Funktionen auswählt. Diese durch das Wahlvermögen der Organismen verlaufende Adaptiogenese von Form zu Funktion muß für jedes Individuum aufs neue geschehen.

Die interessante Schrift ist sehr beachtenswert und verdient um so mehr ernsthaftes Studium, als mit dem Worte „Anpassung" viel Unfug getrieben wird.

R. HESSE, Berlin.

GEMEINHARDT, KONRAD, **Die Gattung Synedra in systematischer, cytologischer und ökologischer Beziehung.** Pflanzenforschung H. 6, Jena: Gustav Fischer 1926. 88 S. und 4 Tafeln. 16 × 25 cm. Preis geh. RM 6.—.

Nach dem Erscheinen von BETHGES Melosira-Arbeit in dem von KOLKWITZ herausgegebenen Sammelwerke ist auch GEMEINHARDTS Abhandlung sehr zu begrüßen, bringt sie doch ebenfalls eine ebenso fleißige wie vielseitig-moderne Bearbeitung einer floristisch sehr wichtigen Diatomengattung. Im systematischen Teile der Arbeit werden alle bisher — rund 35 — bekannten und zum Teil recht formenreichen Arten meist sehr ausführlich mit Beschreibungen, kritischen Anmerkungen und Standortsangaben abgehandelt. Es zeigte sich, daß für die Systematik der Gattung Struktureigentümlichkeiten der Schale nach wie vor das beste Merkmal abgeben. Wohl lassen sich die marinen von den Süß- und Brackwasserformen leicht schon durch ihre abweichend gestalteten Chromatophoren (Plättchen) trennen, doch geben diese sonst kein brauchbares Unterscheidungsmerkmal ab. Zur groben Gliederung der meist kosmopolitischen Formen ist die SCHÜTTsche Einteilung in die 3 Gruppen Eusynedra, Ardissonia und Tovarium — letztere jedoch noch nicht mit völliger Sicherheit als zugehörig bezeichnet — beibehalten worden. Synedra biceps steigt von allen Arten am höchsten, nämlich bis auf nahezu 5000 m (in die Gebirge Tibets) hinauf. Besonderen Augenmerk hat der Verf. auch auf die Cytologie der Synedren, jedoch fast ausschließlich auf Angehörige der Sektion Eusynedra, gerichtet. So konnte er eingehend die Vorgänge der Kern- und Zellteilung studieren, aus denen hier leider nur einiges mitgeteilt werden kann. Die dicken, kurz-stäbchenförmigen Chromatophoren bilden eine schmale, ringförmige Kernplatte, in der sie meist zu zweien verklebt sind. Ihre Zahl wurde mit 24 festgestellt. Abweichend von Surirella ist bei den Teilungsvorgängen von Synedra ein Centrosom nicht wahrzunehmen. Durch sekundäres Wachstum vermögen junge Synedren noch ihre Größe zu verändern. Für die sog. Sporangialstadien, die MEISTER bei Formen von S. ulna bemerkte, schlägt GEMEINHARDT lieber die Bezeichnung Regenerationsformen vor, da eine Regeneration insofern eintritt, als durch nachträgliches Wachstum die Zellen sowohl an Längen- wie Breitendurchmesser zunehmen. Infolge Fehlens einer sicheren Auxosporenbildung bei den meisten Formen gleicht diese „Regeneration" die durch die wiederholten Zellteilungen eintretenden Größendifferenzen wieder aus. Auxosporenbildung konnte der Verf. trotz einjähriger Beobachtung seiner Formen nie beobachten, er muß sich daher auf die Wiedergabe der KARSTEN und v. ISTVÁNFFIschen Beobachtung an S. affinis resp. S. ulna beschränken. Endlich hat sich GEMEINHARDT auch eingehend dem Studium der ökologischen Verhältnisse der Gattung gewidmet und hierbei auch Kulturversuche unter Berücksichtigung der Wasserstoffionenkonzentration angestellt. Er fand hierbei, daß sich keine Synedren mehr zeigen resp. gedeihen, sobald die p_H-Zahl unter 7,0 sinkt, das Wasser resp. Medium also sauer wird, eine Beobachtung, die durch entsprechende Untersuchung der natürlichen Medien bestätigt wurde. Allen Formen gemeinsam ist ihre Vorliebe für kalkhaltige Gewässer, ihr Verhalten gegen Salzkonzentrationen ist im einzelnen jedoch recht verschieden. So liegt das Optimum von S. pulchella z. B. bei 6000 bis 8000 mg Cl im Liter, während S. ulna bei 30 mg pro Liter gut gedeiht und in optimaler Entwicklung nur in ± verschmutzten Gewässern sich zeigt. Das Frühjahrsmaximum liegt für S. ulna z. B. im April, während das Herbstmaximum der Synedren vom Oktober an währt, bis Eisbildung es stört. Das Temperaturoptimum für Synedra liegt bei 12—13° C. Formabweichungen sind nicht durch verschiedenartige Standortsverhältnisse bedingt, da sie auch in der Natur leicht an demselben Standort bunt durcheinander sich beobachten lassen.

O. C. SCHMIDT, Berlin-Dahlem.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9 / Verantwortlich für den Anzeigenteil E. Bredow, Potsdam / Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig